[illegible]

ರೇಡಿಯೋ ಐಸೋಟೋಪುಗಳು

([illegible])

ಪ್ರಸಾರಾಂಗ
ಮೈಸೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯ
ಮೈಸೂರು : [illegible]

ರೇಡಿಯೋ ಐಸೋಟೋಪುಗಳು

(ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು)

ಯು. ಎಲ್. ಆಚಾರ್ಯ

(ಮಹಾತ್ಮಾ ಗಾಂಧಿ ಮೆಮೋರಿಯಲ್ ಕಾಲೇಜು, ಉಡುಪಿ)

ಪ್ರಸಾರಾಂಗ

ಮೈಸೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯ

೧೯೬೯

RADIO ISOTOPUGALU (Radio Isotopes) — Vikiranakaraka Samasthaniyagalu by Professor U. L. Acharya, first published 1969, published by the Director, Prasaranga, Mysore University, Mysore - 6, Crown Octavo pp. 156+8+viii, Price : ordinary Rs. 4; Calico Rs. 5.

ಮೊದಲನೆಯ ಮುದ್ರಣ ೧೯೬೯

ಬೆಲೆ :

ಸಾಧಾರಣ ಪ್ರತಿ : ನಾಲ್ಕು ರೂಪಾಯಿ

ಉತ್ತಮ ಪ್ರತಿ : ಐದು ರೂಪಾಯಿ

ಪ್ರಕಾಶಕರು :
ಡೈರೆಕ್ಟರ್, ಪ್ರಸಾರಾಂಗ
ಮಾನಸಗಂಗೋತ್ರಿ
ಮೈಸೂರು–೬

ಮುದ್ರಕರು :
ಮಂಗಳೂರು ಪ್ರಿಂಟರ್ಸ್
ಶಿವರಾಂಪೇಟೆ
ಮೈಸೂರು–೧

ಮುನ್ನುಡಿ

ವಿದ್ಯಾಭ್ಯಾಸದ ಸರ್ವ ಶ್ರೇಣಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ ದೇಶಭಾಷೆ ಶಿಕ್ಷಣ ಮಾಧ್ಯಮವಾಗಬೇಕಾದುದು ಅತ್ಯವಶ್ಯವಾಗಿದೆ. ಇದು ಒಬ್ಬಿಬ್ಬರು ಭಾಷಾಭಿಮಾನಿಗಳು ದುರುದ್ದೇಶದಿಂದಾಗಲಿ, ಪಕ್ಷಪಾತ ಮನೋಭಾವ ದಿಂದಾಗಲಿ ಹೇಳುವ ಮಾತಲ್ಲ. ರಾಷ್ಟ್ರದ ಸರ್ವತೋಮುಖವಾದ ಪ್ರಗತಿ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳ ಸರ್ವಾಂಗೀಣ ವಿಕಾಸ— ಇವುಗಳ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ನಡೆಸಿದ ಕೂಲಂಕಷವಾದ ಚರ್ಚೆ ಮತ್ತು ಸರ್ವಂಕಷವಾದ ವಿಚಾರ ಮಥನಗಳ ಫಲವಾಗಿ ಉದಿಸಿದ ತತ್ತ್ವವಿದು. ಡಾ|| ಅಮರನಾಥ ಝಾ ರಂಥ ಶ್ರೇಷ್ಠ ಶಿಕ್ಷಣತಜ್ಞರಿಂದ ಹಿಡಿದು ಮಹಾತ್ಮಾ ಗಾಂಧೀಜಿಯಂಥ ರಾಷ್ಟ್ರನಾಯಕರವರೆಗೆ ಎಲ್ಲರೂ ದೇಶಭಾಷಾ ಮಾಧ್ಯಮದ ಸಾರ್ಥಕತೆ ಯನ್ನು ಒತ್ತಿ ಹೇಳಿದ್ದಾರೆ. ಹಿಂದಿನ ಆಂಗ್ಲ ಸರಕಾರ ನೇಮಿಸಿದ್ದ ಸ್ಯಾಡ್ಲರ್ ವಿಚಾರಣಾ ಸಮಿತಿ ಮತ್ತು ಹಾರ್ಟೋಗ್ ಸಮಿತಿಗಳೂ ಸರ್ ಚಾರ್ಲ್ಸ್‌ವುಡ್, ಸರ್ ಸಾರ್ಜಂಟ್ ಮೊದಲಾದ ವಿದೇಶೀಯ ಶಿಕ್ಷಣ ತಜ್ಞರೂ, ದೇಶಭಾಷಾ ಮಾಧ್ಯಮದಿಂದಲ್ಲದೆ ಭಾರತೀಯರ ಶಿಕ್ಷಣ ಸಫಲ ವಾಗದೆಂದೂ ಸಮರ್ಪಕವಾಗದೆಂದೂ ಏಕಕಂಠದಿಂದ ಸಾರಿದ್ದಾರೆ.

ಈ ಶಿಕ್ಷಣ ಸೂತ್ರವನ್ನು ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡೇ ಭರತಖಂಡದ ಅನೇಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯಗಳಲ್ಲಿ ದೇಶಭಾಷಾ ಮಾಧ್ಯಮ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಕಾರ್ಯಗತವಾಗುತ್ತಿದೆ. ನಾಗಪುರ, ಅಲಹಾಬಾದ್, ಕಾಶಿ ಮೊದಲಾದ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯಗಳಿಂದ ಅಧಿಕೃತವಾಗಿ ದೊರೆತ ವರದಿಗಳಿಂದ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿ ಗಳು ಆದರಪೂರ್ವಕವಾಗಿ, ಅನಿರ್ಬಂಧವಾಗಿ ದೇಶಭಾಷಾ ಮಾಧ್ಯಮ ವನ್ನು ಆರಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಿರುವುದೂ, ಅದರಿಂದ ಪರೀಕ್ಷೆಗಳಲ್ಲಿ ಫಲಿತಾಂಶ ತುಂಬಾ ಆಶಾದಾಯಕವಾಗಿ ಗೋಚರಿಸುತ್ತಿರುವುದೂ ಸುಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿದೆ.

ದೇಶಭಾಷಾ ಮಾಧ್ಯಮ ಬೇಡವೆನ್ನುವ ಸಂಪ್ರದಾಯಶರಣರ ಸಂಖ್ಯೆ ಈಗೀಗ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಇಳಿಮುಖವಾಗುತ್ತಿದ್ದರೂ ಅಲ್ಲೊಬ್ಬರು

ಇಲ್ಲೊಬ್ಬರು ಇನ್ನೂ ಇದ್ದಾರೆ. ಅವರು ತಮ್ಮ ನಿಲುವನ್ನು ಸಾಧಿಸಲು ಕೊಡುವ ಮುಖ್ಯ ಕಾರಣಗಳಿವು :

೧. ದೇಶಭಾಷೆಗಳಲ್ಲಿ ಪಾರಿಭಾಷಿಕ ಅಥವಾ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಪದಗಳ ದಾರಿದ್ರ್ಯ

೨. ಗ್ರಂಥಗಳ ಅಭಾವ

೩. ವಿವಿಧ ಪ್ರಾಂತಗಳ ವಿದ್ವಾಂಸರ ಸಂಪರ್ಕಕ್ಕೆ ಮತ್ತು ಸರ್ಕಾರಿ ನೌಕರರ ವಿನಿಮಯಕ್ಕೆ ಅಡಚಣೆ

ಈ ಕಾರಣಗಳು ಸಂಪೂರ್ಣ ನಿರಾಧಾರವೆಂಬುದು ಕೆಳಗಣ ವಿವರಣೆಯಿಂದ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ :

೧. ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಅಥವಾ ಪಾರಿಭಾಷಿಕ ವಿಷಯಗಳಿಗೆ ಹೊಸ ಹೊಸ ಶಬ್ದಗಳನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಸುವ ಸಂಕಟಕ್ಕೆ ಗುರಿಯಾಗಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ. ಅಂತರರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಶಬ್ದಗಳನ್ನೇ ಇದ್ದ ಹಾಗೆಯೆ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಆವಶ್ಯಕತೆ ಕಂಡುಬಂದರೆ ಮಾತ್ರ ವಿವರಣಾತ್ಮಕವಾಗಿ ದೇಶಭಾಷೆಯ ಶಬ್ದಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಪಾರಿಭಾಷಿಕ ಶಬ್ದಗಳು ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಅಂಕಿತನಾಮಗಳು ತಾನೆ! ಕೇಂದ್ರ ಸರ್ಕಾರದ ವಿದ್ಯಾಖಾತೆ ತಯಾರಿಸುವ ಪಾರಿಭಾಷಿಕ ಪದಗಳ ಕೋಶ ಈ ತತ್ವವನ್ನೇ ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ. ಮೈಸೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯವೂ ಈ ಮಾರ್ಗವನ್ನೆ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಅಂಗೀಕರಿಸಿದೆ.

೨. ಈಗಾಗಲೆ ಎಲ್ಲಾ ಭಾಷೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಗ್ರಂಥಗಳು ಹೊರಬೀಳುತ್ತಿವೆ. ಆವಶ್ಯಕತೆ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ ಅವುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯೂ ಬೆಳೆಯುತ್ತಿದೆ. ಪೇಟೆಯಲ್ಲಿ ಗಿರಾಕಿ ಇದೆಯೆಂದು ತಿಳಿದರೆ ಸಾಕು, ಗ್ರಂಥಗಳು ಲೆಕ್ಕವಿಲ್ಲದೆ ಹೊರಬರುತ್ತವೆ.

೩. ಅಂತರರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಪಾರಿಭಾಷಿಕ ಶಬ್ದಗಳನ್ನು ಬಿಡುವುದಿಲ್ಲವಾದುದರಿಂದಲೂ, ಹಿಂದಿ ಅಥವಾ ಇಂಗ್ಲೀಷ್ ಭಾಷೆಯನ್ನು ಕಡ್ಡಾಯವಾಗಿ ಎಲ್ಲಾ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಒಂದಲ್ಲ ಒಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ

ಕಲಿಯಬೇಕಾಗಿರುವುದರಿಂದಲೂ ವಿದ್ವಾಂಸರ ಸಂಪರ್ಕಕ್ಕಾಗಲಿ, ಸರ್ಕಾರಿ ನೌಕರರ ವಿನಿಮಯಕ್ಕಾಗಲಿ ಅಡಚಣೆ ಆಗುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ದೊಡ್ಡ ರಾಷ್ಟ್ರದಲ್ಲಿ ಸರ್ಕಾರಿ ನೌಕರರ ಸಂಖ್ಯೆ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಭಾಗವೆನ್ನುವುದನ್ನೂ, ಈ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಸರ್ಕಾರಿ ನೌಕರರ ಹಿತಕ್ಕಾಗಿ ಇಡೀ ರಾಷ್ಟ್ರದ ಕಲ್ಯಾಣವನ್ನು ಬಲಿಗೊಡುವುದು ಸರಿಯಲ್ಲವೆಂಬುದನ್ನೂ ಮರೆಯ ಬಾರದು.

"ರೇಡಿಯೊ ಐಸೋಟೋಪುಗಳು" ಎಂಬ ಈ ಚಿಕ್ಕ ಹೊತ್ತಿಗೆಯನ್ನು ಉಡುಪಿಯ ಮಹಾತ್ಮಾ ಗಾಂಧಿ ಮೆಮೋರಿಯಲ್ ಕಾಲೇಜಿನ ಭೌತ ಶಾಸ್ತ್ರದ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕರಾದ ಶ್ರೀ ಯು. ಎಲ್. ಆಚಾರ್ಯ ಅವರು ರಚಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಆಳವಾದ ಪಾಂಡಿತ್ಯ, ಪರಿಶ್ರಮಗಳಿಂದ ಅವರು ರಚಿಸಿರುವ ಈ ಕೃತಿ ಕನ್ನಡಿಗರಿಗೆ ತುಂಬ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆಂದು ಆಶಿಸುತ್ತೇನೆ.

ಕೆ. ವಿ. ಪುಟ್ಟಪ್ಪ,
ಪ್ರಧಾನ ಸಂಪಾದಕ

ನಿವೇದನೆ

ಮೂರು ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ಇದನ್ನು ಮದ್ರಾಸು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯಕ್ಕಾಗಿ ಬರೆದು ಒದಗಿಸಿದೆ. ಕಾರಣಾಂತರದಿಂದ ಇಂಥ ಪ್ರಕಾಶನವನ್ನು ಪ್ರಕೃತ ಕೈಗೊಳ್ಳಲಾರೆವು, ನೀವು ಇದನ್ನು ನಿಮ್ಮ ಸ್ವಂತಕ್ಕಾಗಿ ಪ್ರಕಟಿಸಬಹುದು ಎಂದು ಅವರು ಹಿಂದಿರುಗಿಸಿದುದನ್ನು ಪೂಜ್ಯ ಸನ್ಮಿತ್ರರಾದ ಶ್ರೀ ಕು. ಶಿ. ಹರಿದಾಸಭಟ್ಟ, ಪ್ರಿನ್ಸಿಪಾಲ್, ಎಮ್. ಜಿ. ಎಮ್ ಕಾಲೇಜು, ಉಡುಪಿ, ಮತ್ತು ಡಾ। ಪ್ರಭುಶಂಕರ್, ಡೈರೆಕ್ಟರ್, ಪ್ರಸಾರಾಂಗ, ಮೈಸೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯ ಇವರುಗಳು ಮೈಸೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟಿಸಬಾರದೇತಕ್ಕೆ ? ಎಂದು ಕೇಳಿಕೊಂಡ ಮೇರೆಗೆ ಅವರಿಗೆ ಕಳುಹಿಸಿದ್ದೇನೆ. ಈ ಭಾರವನ್ನು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯ ಹೊತ್ತುದಕ್ಕೆ ನಾನು ಋಣಿ. ಅಲ್ಲದೆ ಮೊದಲ ಕೈ ಬರಹದ ಕರಡನ್ನು ಪ್ರೊ. ಆರ್. ಎಲ್. ನರಸಿಂಹಯ್ಯನವರು ನೋಡಿ ತಿದ್ದಿದ್ದಾರೆ. ಅವರಿಗೂ ನನ್ನ ಹಾರ್ದಿಕ ಕೃತಜ್ಞತೆಗಳು. ಇದರಲ್ಲಿ ಘನವಾದ ಶಾಸ್ತ್ರೀಯ ವಿಚಾರಗಳನ್ನು ಬರೆದಿಲ್ಲ. ಇದು ಪಠ್ಯ ಪುಸ್ತಕವಾಗದು, ಅದರೆ ಸಾಮಾನ್ಯರಿಗೆ ಇದರಲ್ಲಿನ ವಿಚಾರ ಮಂದಟ್ಟಾಗಬಹುದೆಂಬ ಆಸೆ ಇದೆ. ಈ ಚಿಕ್ಕ ಪುಸ್ತಕವು ಹತ್ತು ಜನರಿಂದ ಓದಲ್ಪಟ್ಟರೆ ನನ್ನ ಶ್ರಮ ಸಾರ್ಥಕ. ಪುನಃ ಮೈಸೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದ ಅಧಿಕಾರಿಗಳಿಗೆ ವಂದನೆಗಳು.

ಯು. ಎಲ್. ಆಚಾರ್ಯ

ಪರಿವಿಡಿ

ರೇಡಿಯೋ ಐಸೋಟೋಪುಗಳು

(ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು ಮತ್ತು
ಅವುಗಳ ಉಪಯೋಗಗಳು)

ಅಧ್ಯಾಯ ೧

ಪ್ರವೇಶ, ಪದಾರ್ಥರಚನೆ, ಅಣುಪರಮಾಣುಗಳು

ವಸ್ತುವಿನ ಮೂರು ರೂಪಗಳು :

ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಲಿನ ಪ್ರಪಂಚವೆಲ್ಲವೂ ಅಸಂಖ್ಯ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ ತುಂಬಿದೆ. ಇವೆಲ್ಲವನ್ನೂ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ ಇವು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಘನ (ಗಟ್ಟಿ, solid)ವಸ್ತುಗಳಾಗಿಯೋ ಇಲ್ಲವೆ ಹರಿಯುವ (fluid) ಸ್ವಭಾವವುಳ್ಳ ದ್ರವ ಇಲ್ಲವೆ ಅನಿಲ ರೂಪಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತವೆ. ಕಲ್ಲು, ಉಪ್ಪಿನಹರಳು, ಲೋಹ, ಇದ್ದಲು ಮೊದಲಾದುವು ತಮ್ಮತಮ್ಮ ವಿಶಿಷ್ಟ ಹಾಗೂ ಸ್ವತಂತ್ರ ಆಕಾರವನ್ನು ಪಡೆದಿರುವ ಗಟ್ಟಿ ವಸ್ತುಗಳು. ನೀರು, ಹಾಲು, ಬ್ರೋಮಿನ್ ಮತ್ತು ಪಾದರಸ ಇವು ದ್ರವಗಳು; ಇವುಗಳಿಗೆ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಆಕಾರವಿಲ್ಲ, ಇವನ್ನು ತುಂಬುವ ಪಾತ್ರೆಗಳ ಆಕಾರವನ್ನೇ ಇವು ಪಡೆದಿದ್ದು ತಮ್ಮ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ಮಾತ್ರ ಸಮತಟ್ಟಾಗಿ ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವುವು. ದ್ರವವು ಯಾವುದೇ ಇರಲಿ ಇದರ ಅತಿ ಚಿಕ್ಕ ಕಣ—ಹುಂಡು (drop)ವಾದರೋ ಲೋಹದ ಗುಂಡುಗಳಂತೆಯೇ ಗೋಲಾಕಾರವಾಗಿದೆ. ಇನ್ನು ಗಾಳಿ, ಹೈಡ್ರೋಜನ್ (ಜಲಜನಕ, Hydrogen) ಆಕ್ಸಿಜನ್ (ಆಮ್ಲಜನಕ, Oxygen), ಕ್ಲೋರಿನ್ (Chlorine) ಮೊದಲಾದುವು ಅನಿಲಗಳು. ಇವು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಕಣ್ಣಿಗೇನೂ ಗೋಚರಿಸಲಾರವು. ಇವುಗಳಿಗೆಲ್ಲ ಸ್ವತಂತ್ರವಾದ ಆಕಾರವಾಗಲಿ, ಗಾತ್ರವೇ ಆಗಲಿ ಇಲ್ಲ. ಒಂದಷ್ಟು ಅನಿಲವು ತನಗೆ ಸಿಕ್ಕ ಅವಕಾಶ (space) ವನ್ನೆಲ್ಲ ತುಂಬಿಕೊಂಡು ಇರಬಲ್ಲುದು. ಇಂಥ ಅವಕಾಶವು ಹೆಚ್ಚುಕಡಮೆಯಾದಂತೆ, ಇತರ ಭೌತ ಗುಣಗಳು, ಅಂದರೆ ಒತ್ತಡ, ತಾಪ (temperature), ಸಾಂದ್ರತೆ ಇವೆಲ್ಲವೂ ಹೆಚ್ಚುಕಡಮೆಯಾಗುತ್ತವೆ. ಅಂತೂ ನಮ್ಮ ಭೌತಪ್ರಪಂಚದ

ಸಮಸ್ತ ವಸ್ತುಗಳೂ ಈ ಮೂರು ರೂಪಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತವೆ. ಇಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲ, ತನ್ನ ಸುತ್ತಲಿನ ಭೌತ ಸನ್ನಿವೇಶಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿಯೇ ಒಂದು ವಸ್ತು ತಾನು ಈ ಮೂರು ರೂಪಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದರಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟ ವಾಗುತ್ತದೆ.

ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಚಿಕ್ಕ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯೊಂದನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಿರಿ. ಗಟ್ಟಿಯಾಗಿರುವ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯು ನಮ್ಮ ದೇಶದ ತಾಪದಲ್ಲಿನ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಶೀಘ್ರದಲ್ಲೇ ಕರಗುತ್ತ ದ್ರವವಾಗಿ ಹರಿಯಲಾರಂಭಿಸುತ್ತದೆ, ಇದೇ ನೀರು; ಈ ನೀರನ್ನು ಬಿಸಿ ಮಾಡಿದಾಗಲೋ, ಇಲ್ಲವೇ ಹಾಗೆಯೇ ಗಾಳಿ ಗಿಟ್ಟರೂ ಕಾಲಾಂತರದಲ್ಲಿ ಈ ದ್ರವವು ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಲೀನವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಅನಿಲರೂಪದ (ಇದು ನಿಜಕ್ಕಾದರೂ ಆವಿ; ಆವಿ ಮತ್ತು ಅನಿಲ ಗಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಗಮನಿಸುವ ಅವಶ್ಯವಿಲ್ಲ.) ಸ್ಥಿತಿ ಯನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಇದೇ ನೀರಾವಿಯನ್ನು ತಂಪಾದ ಗಾಜಿನ ಮೇಲೆ ಇಲ್ಲವೆ ಸ್ಲೇಟಿನ ಹಲಗೆಯ ಮೇಲೆ ಹಾಯಿಸಿದಾಗ ಪುನಃ ನೀರಾಗಿ ಹನಿ ಯುತ್ತದೆ; ನೀರ ಹನಿಗಳು ಕಲೆತು, ಒಂದನ್ನೊಂದು ಕೂಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತ, ನೀರಿನ ಕಾಂತವಾಗಿಯೂ ಆವಿ ರೂಪಾಂತರ ಹೊಂದಬಹುದು. ಇದೇ ನೀರನ್ನು ಶೈತ್ಯಕಾರಕ ಯಂತ್ರದೊಳಗಿಟ್ಟು ಮತ್ತೆ ಗಟ್ಟಿ ರೂಪದ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಅಂತೂ ಈ ಮಾತು ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯವಾಗುವಂಥದು. ಎಂದರೆ, ಘನ, ದ್ರವ ಮತ್ತು ಅನಿಲಗಳೆಂಬುವು ಭೌತವಸ್ತುವೊಂದರ ಅವಸ್ಥಾತ್ರಯಗಳೆನ್ನ ಬಹುದು.

ವಸ್ತುಗಳ ಕಣಸ್ವರೂಪ :

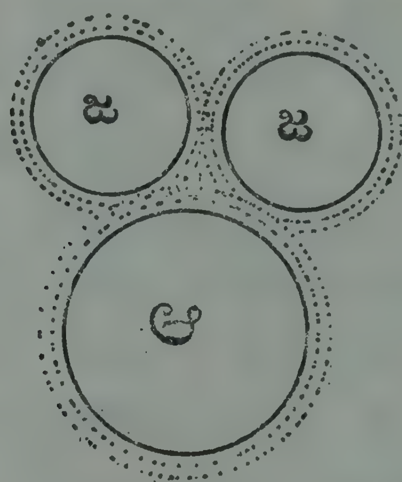
ಹೀಗೆ ಮೂರು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಅವಸ್ಥೆಗಳಲ್ಲಿರಬಲ್ಲ ವಸ್ತುವಿನ ಮೂಲ ಸ್ವರೂಪವೆಂತಹುದು ? ಇದು ಅನಾದಿಯಿಂದಲೂ ತಾತ್ವಿಕರನ್ನು ಕೆಣಕಿದ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಲ್ಲೊಂದು. ಬೆಳ್ಳಿಯ ಗಟ್ಟಿಯೊಂದನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಿರಿ. ಇದನ್ನು ತುಂಡರಿಸಿ ಚಿಕ್ಕ ಗಟ್ಟಿಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ. ಮತ್ತೂ ಮತ್ತೂ ಇದನ್ನು

ವಿಭಾಗಮಾಡುತ್ತಾ ಹೋದಂತೆ, ಚಿಕ್ಕ ಪುಟ್ಟ ಬೆಳ್ಳಿಯ ಕಣಗಳು ಸಿಕ್ಕುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ಎಷ್ಟರ ತನಕ ಸಾಧಿಸಬಲ್ಲೆವು? ಇದು ಮುಗಿಯದ ಕಾರ್ಯ ಎಂದು ಪೈಥಾಗೊರಸ್‌ನಂಥ ಹಲವು ಮೇಧಾವಿಗಳು ಸಾರಿದ್ದರು. ಆರಂಭದಲ್ಲಿ ವಸ್ತುವು ಯಾವುದೇ ಇರಲಿ ಇದನ್ನು ವಿಭಾಗಿಸುತ್ತಾ ಹೋದಂತೆ ಮುಂದೆ ಮತ್ತೆ ಎಷ್ಟಕ್ಕೂ ವಿಭಾಗವಾಗದ (not cuttable) ಕಣವೊಂದು ಲಭಿಸುತ್ತದೆ. ಇದೇ ವಸ್ತುವಿನ ಪರಮಾಣು (atom) ಎಂದು ಗ್ರೀಕ್ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನೊಬ್ಬನು ಬಹಳ ಹಿಂದೆ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ್ದನು. ಇವನೇ ಡೆಮಾಕ್ರಿಟಸ್ (Democritus). ಹಲವು ಶತಮಾನಗಳ ತನಕ ಜನ ಇದನ್ನೊಪ್ಪದೆ ಹೋದರೂ ಇದೀಗ ಈ ಭಾವನೆಯು ಸರ್ವ ಸಮ್ಮತವಾಗಿ ಪರಿಗ್ರಹಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಇದೇ ಆಧುನಿಕ ಪರಮಾಣು ವಿಜ್ಞಾನದ ನಾಂದಿಯಾಗಿದೆ. ಇಂಥ ಭಾವನೆಯನ್ನೇ ಭಾರತದ ಕಣಾದನೂ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ್ದನು ಎಂದು ಇಲ್ಲಿ ಸ್ಮರಿಸಬಹುದು.

ಅಣು (molecule), ಪರಮಾಣು (atom)ಗಳು :

ಬಂಗಾರ, ತಾಮ್ರ, ಪಾದರಸ, ಆಮ್ಲಜನಕ ಇವೆಲ್ಲವನ್ನೂ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸುತ್ತಾ ಹೋದಂತೆ ಇದೇ ವಸ್ತುಗಳು ಕ್ಷುದ್ರತಮ ಕಣದಲ್ಲೂ ದೊರಕುತ್ತವೆ. ಇವು ಒಂದು ಬಗೆಯ ವಸ್ತುಗಳು. ಇನ್ನು ನೀರು, ಪೆಟ್ಲುಪ್ಪು, ಅಂಗಾರಾಮ್ಲ ವಾಯು (ಕಾರ್ಬನ್‌ಡೈಆಕ್ಸಾಯಿಡ್, Carbon - di - oxide) ಇವನ್ನು ವಿಂಗಡಿಸುತ್ತಾ ಹೋದಾಗ ಒಂದೇ ಬಗೆಯ ಕ್ಷುದ್ರತಮ ಕಣಗಳು – ಪರಮಾಣುಗಳು – ಸಿಕ್ಕಲಾರವು; ಬದಲಾಗಿ, ಎರಡು ಇಲ್ಲವೆ ಹೆಚ್ಚು ಬಗೆಯ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಪರಮಾಣುಗಳು ಲಭಿಸುವುವು. ಮೊದಲನೆಯ ವರ್ಗದ ವಸ್ತುಗಳು ಮೂಲ ವಸ್ತುಗಳು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಬಗೆಯ ಪರಮಾಣುಗಳು ಕಾಣಸಿಗುತ್ತವೆ; ಎರಡನೆಯ ವರ್ಗದ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ವಿಂಗಡಿಸುತ್ತಾ ಹೋದಂತೆ, ಆ ವಸ್ತುವಿನ ಎಲ್ಲ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನೂ ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವ ಕ್ಷುದ್ರತಮ ಕಣವೇ ಆ ವಸ್ತುವಿನ ಅಣು (molecule) ವೆನಿಸುತ್ತದೆ. ನೀರಿನ ಅಣುವೊಂದು ಲಭಿಸಿದೆ ಎನ್ನಿರಿ.

ಇದನ್ನು ಮತ್ತೂ ವಿಂಗಡಿಸಲು ಬರುತ್ತದೆ. ಆದರೇನು? ವಿಭಾಗವಾದ ಕ್ಷುದ್ರತಮ ಕಣಗಳು ನೀರಿನ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನೇನೂ ಪ್ರಕಟಿಸಲಾರವು. ಬದಲಾಗಿ ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಲಕ್ಷಣಗಳುಳ್ಳ ಮೂಲ ವಸ್ತುಗಳ



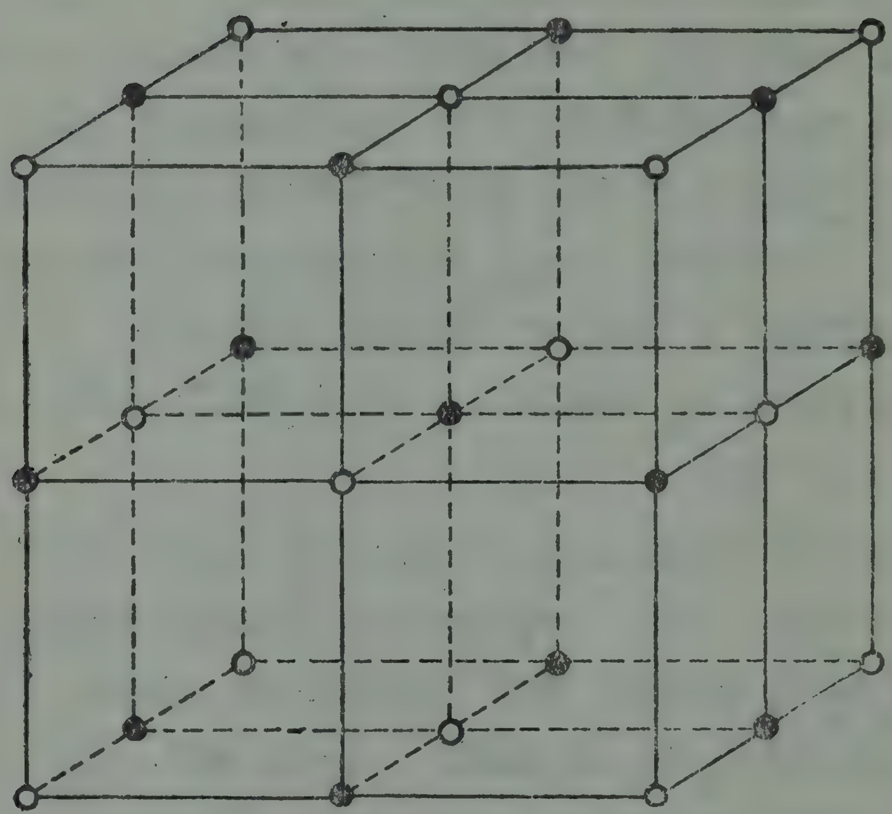
ಚಿತ್ರ ೨ : ನೀರಿನ ಅಣು

ಪರಮಾಣುಗಳು ಕಂಡುಬರುತ್ತವೆ. ಅಲ್ಲದೆ, ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ಒಟ್ಟು ಮೂರು ಮೂಲ ಕಣಗಳು ಕಂಡುಬರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ 2 ಒಂದು ಬಗೆಯವು, ಉಳಿದ ಒಂದು ಮತ್ತೊಂದು ಬಗೆಯದು. ಮೊದಲನೆಯವು ಹೈಡ್ರೋಜನ್‌ನ ಪರಮಾಣುಗಳು, ಉಳಿದ ಒಂದು ಆಮ್ಲಜನಕ (ಆಕ್ಸಿಜನ್) ದ ಪರಮಾಣು. ಈ ಮೂರು ಪರಮಾಣುಗಳು ಒಂದೆಡೆ ಗಾಢವಾದ ಬಂಧನದಿಂದೆಂಬಂತೆ ಕಲೆತಿರುತ್ತವೆ. ಪ್ರತಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ಸುತ್ತಲೂ ಚಿಕ್ಕ ಪುಟ್ಟ ಬೊಟ್ಟುಗಳಿಂದ ಗುರುತಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರವಿರುತ್ತದೆ. ಇದಿಷ್ಟು ನೀರಿನ ಅಣುವಿನ ಸ್ಥೂಲಚಿತ್ರ, ಅದರಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಸ್ಥೂಲ ಚಿತ್ರಣ. ನೀರು ಗಟ್ಟಿಯಾಗಿರಲಿ, ದ್ರವರೂಪದಲ್ಲಿರಲಿ ಇಲ್ಲವೆ ಅನಿಲರೂಪದಲ್ಲಿರಲಿ, ಅದರ ಅಣುಗಳಲ್ಲಿನ ಆಂತರಿಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಹೀಗೆಯೇ ಇರತಕ್ಕದ್ದು.

ನೀರು ಮಂಜುಗೆಡ್ಡೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿದ್ದಾಗ ಈ ಅಣುಗಳ ನಡುವಣ ದೂರವು ತುಸು ಕಡಮೆ ಇರುತ್ತದೆ. ದ್ರವ ರೂಪದಲ್ಲಿದ್ದಾಗ ಅಣುಗಳ ನಡುವಣ ದೂರವು ಹೆಚ್ಚು; ಆವಿಯ ರೂಪದಲ್ಲಿದ್ದಾಗ

ಅಣುಗಳ ನಡುವಣ ಅಂತರವು ಮತ್ತೂ ಹೆಚ್ಚು. ಅಲ್ಲದೆ, ಇಂಥ ಅಣುಗಳು ಅತ್ತಿಂದಿತ್ತ, ಇತ್ತಿಂದಿತ್ತ ಸ್ವಚ್ಛಂದವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಲೇ ಇರುತ್ತವೆ; ಇಂಥ ಚಲನೆಯ ವೇಳೆ ಒಂದು ಅಣುವು ಇನ್ನೊಂದನ್ನು ಹೊಡೆಯುತ್ತಲೂ, ಹೀಗೆ ಢಿಕ್ಕಿ ಹೊಡೆದನಂತರವೂ ಪುನಃ ಚಲಿಸುತ್ತಲೂ ಇರುವುವು. ನೀರಾವಿಯ, ಇಲ್ಲವೆ ಯಾವುದೇ ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳ ನಡುವಣ ದೂರವನ್ನೂ, ಆ ಅಣುಗಳ ಸರಾಸರಿ ವೇಗವನ್ನೂ, ಆ ಅನಿಲದ ಒಟ್ಟು ಅವಕಾಶ ಮತ್ತು ತಾಪಗಳನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚುಕಡಮೆ ಮಾಡಿ ವ್ಯತ್ಯಸ್ತಗೊಳಿಸಲು ಬರುತ್ತದೆ.

ದ್ರವ ರೂಪದಲ್ಲಿಯೂ ನೀರಿನ ಅಣುಗಳು ಹಿಂದೆ ಹೇಳಿದ ರೂಪದಲ್ಲೇ ಇರುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಇಂಥ ಅಣುಗಳ ನಡುವಣ ಸಾಪೇಕ್ಷ ದೂರ ಮತ್ತು ಸ್ವಚ್ಛಂದ ಚಲನೆಯ ವೇಳೆ ಅಣುವೊಂದು ಚಲಿಸುವ ಸರಾಸರಿ ದೂರ ಅನಿಲದಲ್ಲಿದ್ದುದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಮೆ. ನೀರು ಹೆಪ್ಪುಗಟ್ಟಿ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿರುವಾಗಲೂ ಇಂಥ ಅಣುಗಳ ನಡುವಣ ದೂರವು ಬಹಳ ಕಡಮೆ. ಅಲ್ಲದೆ ಅಣುಗಳಿಗೆ ಸ್ವಚ್ಛಂದ ಚಲನೆ ಇಲ್ಲದೆ ಅವು ತಮ್ಮತಮ್ಮ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿಂದ ತುಸುವೇ ಅತ್ತಿಂದಿತ್ತ ಸ್ಪಂದಿಸು (vibrate)ತ್ತವೆ. ಪಕ್ಕದ ಪುಟದಲ್ಲಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಪೊಟೇಶಿಯಂ ಮತ್ತು ಕ್ಲೋರಿನ್ ಧಾತುಗಳಿಂದ ಏರ್ಪಟ್ಟ ಪೊಟೇಶಿಯಂ ಕ್ಲೋರೈಡ್ ಹರಳಿನ ರಚನೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ಪರಮಾಣುಗಳ ಗಾಢ ಬಂಧನವೂ ಸಾಕಷ್ಟು ಭದ್ರವಾಗಿದೆ, ಅಲ್ಲದೆ ಇದೇ ಕಾರಣದಿಂದ ಹರಳು ತನ್ನದೇ ಆದ ವಿಶಿಷ್ಟ ಆಕಾರವನ್ನು ಪಡೆದಿರುತ್ತದೆ. ಪದಾರ್ಥದ ರಚನೆಗೆ ಕಾರಣವಾದ ಧಾತುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳು ಅಣುಗಳಲ್ಲಿ ಹತ್ತಿರ ಹತ್ತಿರವಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ ಅಂಥ ಪದಾರ್ಥದ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ; ವಸ್ತುವೂ ಗಡುಸೆನಿಸುತ್ತದೆ. ಡೆಮಾಕ್ರಿಟಸ್ಸನ ತತ್ವಗಳನ್ನಂಗೀಕರಿಸಿ ಅನುಮೋದಿಸಿದವನು ಆಂಗ್ಲ ವಿಜ್ಞಾನಿ (ಈತನು ನಿಜಕ್ಕಾದರೂ ಐರ್‌ಲೇಂಡಿನವನು) ರಾಬರ್ಟ್ ಬಾಯ್ಲ್ (Robert Boyle). ಈತನು ಅನಿಲಗಳ ಗಾತ್ರ ಮತ್ತು ಅವು ತೋರಿದ ಒತ್ತಡಗಳನ್ನು ಸಂಬಂಧಿಸಿ ತನ್ನ ತತ್ವವನ್ನು ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿದನಾದರೂ, ಪ್ರತಿವಸ್ತುವಿನಲ್ಲೂ ಪರಮಾಣುವಿನ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ, ಹಾಗೆಯೇ



ಚಿತ್ರ ೩ : ಪೊಟೇಶಿಯಂ ಕ್ಲೋರೈಡ್

ಅಣುಗಳ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸ್ಥಿತಿಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಮೊತ್ತಮೊದಲ ಸೂತ್ರಗಳನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು.

ಮೂಲಧಾತು ಮತ್ತು ಸಂಯುಕ್ತಗಳು :

ರಾಬರ್ಟ್‌ಬಾಯ್ಲನ ಕಾಲದ ಸುಮಾರು ಒಂದು ಶತಮಾನದ ನಂತರ ಜೀವಿಸಿದ ಲವ್ವಾಸಿಯ (Lavoisier) ಎಂಬ ಫ್ರೆಂಚ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಇನ್ನೊಂದು ವಿಚಾರವನ್ನು ಮುಂಡಿಸಿದನು : ವಸ್ತುವು ತಾನು ಯಾವುದೇ ಇರಲಿ. ನಾಶವಾಗುವಂಥದಲ್ಲ, ನಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ನಾವು ನೂತನ ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂಯುಕ್ತಗಳನ್ನು ಪಡೆದಾಗಲೂ ಮೊದಲು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ (mass) ಅನಂತರ ಪಡೆಯುವ ವಸ್ತುಗಳ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗೆ ಸಮನಾಗಿದೆ, ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಎಳ್ಳಷ್ಟೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರದೆಂದು ಈತನು ಅಭಿಪ್ರಾಯಪಟ್ಟನು.

ಇವನ ವಿಚಾರದಿಂದ ವಸ್ತುಗಳು ಮೂಲವಸ್ತುಗಳು ಮತ್ತು ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂಯುಕ್ತಗಳೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲ್ಪಡಬಹುದು. ಒಂದು ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂಯುಕ್ತದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಅಥವಾ ಹೆಚ್ಚು ಮೂಲ ಧಾತುಗಳಿರುವುವು ಎಂಬ ವಿಚಾರವು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಯಿತು. ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಂಯುಕ್ತದಲ್ಲಿ ಇಂಥವೇ ಪರಮಾಣುಗಳು ನಿಶ್ಚಿತ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲೇ ಇರತಕ್ಕವು ಎಂಬುದೂ ಈತನ ತತ್ವಪ್ರತಿಪಾದನೆಯಿಂದ ಸಿದ್ಧವಾಯಿತು.

ಡಾಲ್ಟನ್‌ನ ವಿವರಣೆ :

ನಮ್ಮ ಮನೆಯ ಬಾವಿಯಲ್ಲಿ ನೀರಿದೆ. ಊರಿನ ಕೊಳದಲ್ಲಿಯೂ ನೀರಿದೆ. ಇವೆರಡರಿಂದಲೂ ನೀರನ್ನು ತೆಗೆದು ರಾಸಾಯನಿಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿ ನೋಡಿದರೆ ಇವೆರಡರ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರಬಹುದೆ? ಅಥವಾ ಇವುಗಳ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಸ್ಪಷ್ಟ ಸಾಮ್ಯವಿರುವುದೆ ? ಎನ್ನುವ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನುತ್ತರಿಸಲು ತಿಳಿಸಿದವನೇ ಆಂಗ್ಲ ಅಧ್ಯಾಪಕ — ವಿಜ್ಞಾನಿ, ಜಾನ್ ಡಾಲ್ಟನ್ (John Dalton).

ಸುಮಾರು ಕ್ರಿ. ಶ. 1808ರ ಸಮಯ ಡಾಲ್ಟನ್ ತನ್ನ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾದುವು ಹೀಗಿವೆ : 1) ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳ ರಚನೆಗೂ ಮೂಲಧಾತುಗಳೇ ಕಾರಣಗಳು 2) ಮೂಲವಸ್ತುವಿನ ಪರಮಾಣುವಾದರೋ ತಾನು ಅವಿಭಾಜ್ಯವಾಗಿದೆ, ಆದರೂ ಇತರ ಪರಮಾಣುಗಳೊಂದಿಗೆ ಸೇರಿ ಅನೇಕ ವಸ್ತುಗಳ ರಚನೆಗೆ ಕಾರಣವಾಗುತ್ತದೆ. 3) ಒಂದೇ ಮೂಲಧಾತುವಿನ ಎಲ್ಲಾ ಪರಮಾಣುಗಳೂ ಒಂದೇ ತೆರನಾದುವು. 4) ವಿವಿಧ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳು ವಿವಿಧ ರಚನೆಯುವು. 5) ರಾಸಾಯನಿಕ ಬದಲಾವಣೆಗಳಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸುವಂಥವು ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳೇ ಆಗಿದ್ದರೂ ಪ್ರತಿ ಪರಮಾಣುವೂ ತನ್ನ ಸ್ವಾತಂತ್ರ್ಯವನ್ನೂ, ಆಂತರಿಕ ರಚನೆಯಲ್ಲಿನ ಸ್ಥಿರತೆಯನ್ನೂ ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುವುದಿಲ್ಲ. ಇದರ ಬದಲು ವಿವಿಧ ಧಾತುಗಳ

ಪರಮಾಣುಗಳು ವಿಧವಿಧವಾಗಿ ಜೋಡಣೆ ಹೊಂದುತ್ತಾ ನೂತನವಸ್ತುಗಳ ರಚನೆಗೆ ಕಾರಣವಾಗುವುವು.

ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂಯೋಗಗಳ ವಿಧಾನಗಳು:

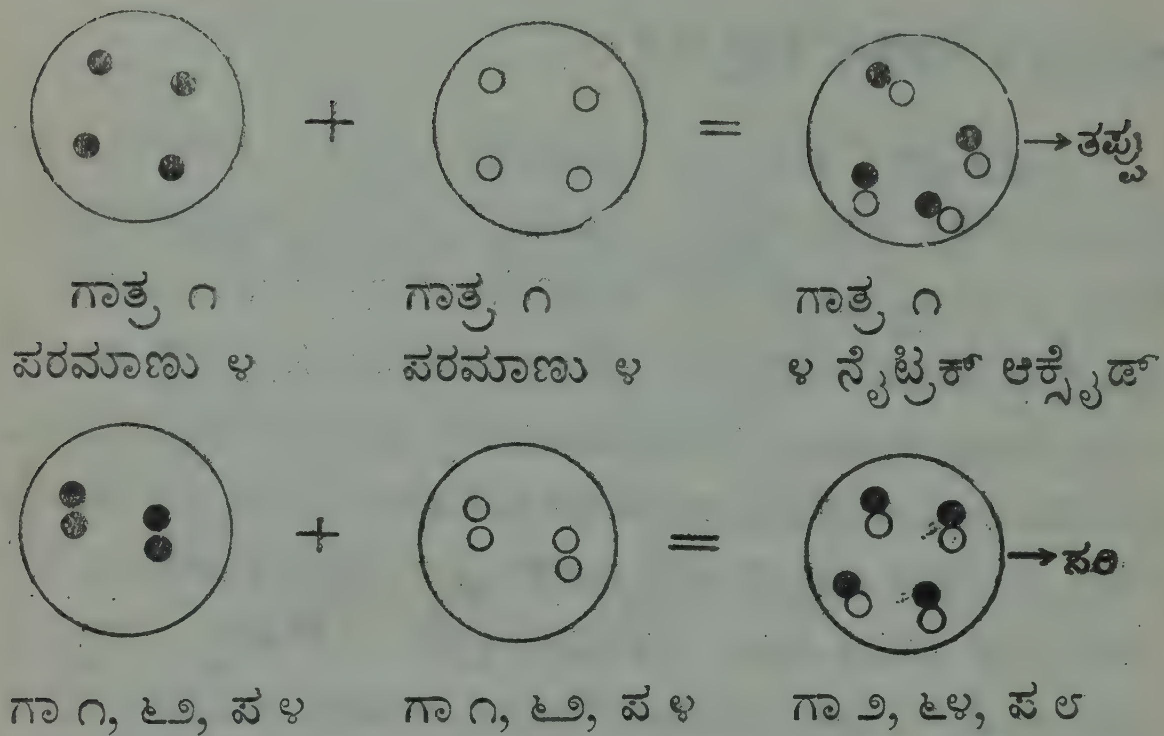
ವಸ್ತುಗಳ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ನಿತ್ಯತ್ವ ಸೂತ್ರಕ್ಕನುಸಾರವಾಗಿ ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂಯುಕ್ತಗಳು ರಚನೆಗೊಳ್ಳುವುವು ಎಂಬುದನ್ನು ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿದೆ ವಲ್ಲವೆ? ಇದಲ್ಲದೆ ಇನ್ನೂ ಅನೇಕ ವಿಚಾರಗಳು ಬೆಳಕು ಕಂಡವು. ನೀರಿನ ಅಣುವೊಂದರಲ್ಲಿ ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಮತ್ತು ಆಕ್ಸಿಜನಿನ ಪರಮಾಣುಗಳು ಇರುತ್ತವೆ, ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ ನೀರು ಎಲ್ಲಿಂದಲೇ ಬರಲಿ ಅದರಲ್ಲಿ ಈ ಎರಡು ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳು ನಿಯತ (fixed) ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲೇ (ratio) ಕೂಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ಹೀಗೆ ವಿವರಿಸಬಹುದು : ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಜಲಜನಕದ ಒಂದು ತೂಕದೊಡನೆ ಆಮ್ಲಜನಕದ ಎಂಟು ತೂಕ ಕೂಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ ಎಂದರ್ಥ. ಇದನ್ನು—ಇಂಥ ನಿಯಮವನ್ನು—ರಸಾಯನಶಾಸ್ತ್ರದ ನಿಯತಾನುಪಾತ ಸೂತ್ರವೆನ್ನುತ್ತಾರೆ. "ಎರಡು ಮೂಲ ಧಾತುಗಳು ಸಂಯುಕ್ತ ರಚನೆಯ ವೇಳೆ ನಿಯತಾನುಪಾತ (ಪ್ರಮಾಣ) ದಲ್ಲೇ ಜೋಡಣೆಯಾಗುತ್ತವೆ."

ಇದರಂತೆಯೇ ಮತ್ತೊಂದು ಸೂತ್ರವೂ ಇದೆ. ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಮತ್ತು ಆಕ್ಸಿಜನ್‌ಗಳು ಬೆರೆತ ನೀರು ಮತ್ತು ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಪೆರಾಕ್ಸೈಡ್ ಎಂಬ ಎರಡು ಸಂಯುಕ್ತಗಳಿವೆ. ಮೊದಲನೆಯದರಲ್ಲಿ ಇವು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ 1 : 8 ರ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿದ್ದರೆ ಎರಡನೆಯದರಲ್ಲಿ 1 : 16ರ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿವೆ. ಎಂದರೆ ನಿಶ್ಚಿತ ತೂಕದ ಧಾತುವೊಂದರೊಡನೆ ಮತ್ತೊಂದು ಧಾತು ಸಂಯೋಗ ಹೊಂದಬಲ್ಲ ತೂಕಗಳು ಸುಲಭಾನುಪಾತದಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಇದೇ ಧಾತುಗಳ ಗುಣಿತಾನುಪಾತ (multiple proportion) ಕ್ರಮ. ಸಂಯುಕ್ತಗಳ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯಿಂದ ಇಂಥ ಧಾತು ಸಂಯೋಗಾನುಪಾತ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಿ, ಸತ್ಯವೆಂದು ಕಂಡುಕೊಂಡುದರಿಂದಲೇ ಡಾಲ್ಟನನ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಸರಿಯೆಂದು ನಂಬಲಾಯಿತು.

ಡಾಲ್ಟನನ ವಾದದ ತಿದ್ದುಪಡಿ :

ಆದರೇನು? ಡಾಲ್ಟನನ ವಾದದಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳ ಬದಲಾಗಿ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನೇ ಆರಿಸಿಕೊಂಡ ಕಾರಣ, ಅನೇಕ ಅನುಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ಸಂದಿಗ್ಧತೆ ಮತ್ತು ನ್ಯೂನತೆಗಳು ಕಾಣಿಸಿಕೊಂಡುವು. ಉದಾಹರಣೆಗಾಗಿ, ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷ ಪ್ರಮಾಣಗಳಿಂದಲೂ, ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದಲೂ ಸಿದ್ಧವಾದ ವಿಚಾರಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸೋಣ. ಸ್ಥಿರವಾದ ತಾಪ ಮತ್ತು ಒತ್ತಡಗಳ ಸನ್ನಿವೇಶದಲ್ಲಿ ಅಳತೆಮಾಡುವಾಗಲೋ, 2 ಪಾಲು ಗಾತ್ರದ ಜಲಜನಕ (ಹೈಡ್ರೋಜನ್) ಮತ್ತು 1 ಪಾಲು ಗಾತ್ರದ ಆಮ್ಲಜನಕಗಳು ಸಂಯೋಗಗೊಂಡಾಗಲೋ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ 2 ಪಾಲು ನೀರಿನ ಆವಿ ಲಭಿಸುತ್ತದೆ. ಬಂದಷ್ಟು ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ನಿಶ್ಚಿತ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಪರಮಾಣುಗಳಿರಬೇಕಾದ ಕಾರಣ ಸುಮಾರು 2000 ನೀರಿನ ಆವಿಯ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ 1000 ಆಕ್ಸಿಜನ್‌ನ ಪರಮಾಣುಗಳಿರಬೇಕು. ಅಂದರೆ ನೀರಿನ ಆವಿಯ ಪರಮಾಣುವೊಂದರಲ್ಲಿ $\frac{1}{2}$ ಆಕ್ಸಿಜನ್‌ನ ಪರಮಾಣುವಿರತಕ್ಕದ್ದು ಎಂದರ್ಥ. ಇದು ಸಾಧ್ಯವೇ? ಪರಮಾಣುವು ಅವಿಭಾಜ್ಯವೆಂದ ಬಳಿಕ ಇದು ಅಸಂಭವ. ಇಂಥ ನ್ಯೂನತೆಯನ್ನು ಹೋಗಲಾಡಿಸಿದ ಕೀರ್ತಿ ಮುಂದೆ ಅವೊಗ್ಯಾಡ್ರೋ ಎಂಬವನಿಗೆ ಸಲ್ಲುತ್ತದೆ. ಈತನು ಡಾಲ್ಟನನ ವಾದವನ್ನು ಆವಶ್ಯಕತೆಗನುಸಾರವಾಗಿ ಬದಲಾಯಿಸಿ, ಹೆಚ್ಚು ಅನಿಲರೂಪದ ಮೂಲಧಾತುಗಳಲ್ಲೆಲ್ಲ 2 ಇಲ್ಲವೆ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದಲೇ ಆಯಾಯ ಧಾತುವಿನ ಅಣುಗಳೇರ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಇಂಥವುಗಳು ರಾಸಾಯನಿಕಸಂಯುಕ್ತಗಳಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸುವಂಥವು, ಅಂದರೆ, ಸಂಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳು ಪೂರ್ಣಾಂಕಗಳ ಧನ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲೇ ಭಾಗವಹಿಸುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಸಾಧಾರವಾಗಿ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿದನು.

ಈ ವಿಚಾರವನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟಗೊಳಿಸಲು ಪಕ್ಕದ ಪುಟದಲ್ಲಿರುವ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಗಮನಿಸಿರಿ. ನೈಟ್ರಿಕ್ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಡಾಲ್ಟನನ ಆರಂಭದ ಅಭಿಪ್ರಾಯಕ್ಕನುಸಾರವಾಗಿ 4 ಸಾರಜನಕ ಮತ್ತು 4 ಆಮ್ಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಸೇರಿ ಮೊದಲನೆ ಅನಿಲಗಳಷ್ಟೇ ಗಾತ್ರದ 4 ನೈಟ್ರಿಕ್ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಅಣು



ಚಿತ್ರ ೩ : ಅವೋ ಗ್ಯಾಡ್ರೋ ಸೂಚಿಸಿದ ಡಾಲ್ಟನ್ ವಾದದ ತಿದ್ದುಪಡಿ

ಗಳುಂಟಾಗುತ್ತವೆ. ಪರಮಾಣುಗಳ ನಿತ್ಯತ್ವವನ್ನು ಇದು ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿದರೂ ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷ ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕನುಸಾರವಾಗಿ 4 ಅಣು ನೈಟ್ರಿಕ್ ಅಕ್ಸಾಯಿಡುಗಳೂ 2 ಸಾಲು ಅವಕಾಶವನ್ನಾಕ್ರಮಿಸುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ಕೆಳಭಾಗದ ವರ್ತುಲ ಗಳು ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ಚಿತ್ರಿಸಿವೆ; ಎಂದರೆ, ಪ್ರತಿ ಅಣುವಿನಲ್ಲೂ 2 ಪರಮಾಣುಗಳಿದ್ದು 2 ಸಾರಜನಕ ಅಣುಗಳಲ್ಲಿ 4 ಸಾರಜನಕದ ಪರ ಮಾಣುಗಳಿವೆ; 2 ಆಕ್ಸಿಜನ್‌ನ ಅಣುಗಳಲ್ಲಿ 4 ಪರಮಾಣುಗಳಿವೆ. ಇವು ಕಲೆತರೇನೇ 4 ನೈಟ್ರಿಕ್ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಅಣುಗಳು ಎಂದರೆ, ಎರಡರಷ್ಟು ಗಾತ್ರದ ಮತ್ತು 8 ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ನೈಟ್ರಿಕ್ ಆಕ್ಸೈಡ್ ರಚನೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಡಾಲ್ಟನನ ವಾದವು ಗೇಲ್ಯುಸಾಕ್ ಅವೋ ಗ್ಯಾಡ್ರೋ ಮೊದಲಾದವರು ಸೂಚಿಸಿದ ತಿದ್ದುಪಡಿಗಳಿಂದ ಪರಿಷ್ಕೃತ ವಾಯಿತು. ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷ ಪ್ರಯೋಗಗಳನುಸಾರವಾದ ಅನುಮಾನಗಳನ್ನೇ ಮಂಡಿಸಿತು.

ಇದೀಗ, ಇಲ್ಲಿ ಅಣುಸಂಬಂಧವಾದ ಇತರ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಪ್ರಸ್ತಾಪಿ ಸುವುದು ಅಪ್ರಸ್ತುತವೇ. ವಸ್ತುವು ತಾನು ಯಾವುದೇ ಇರಲಿ, ಅದರ

ಪ್ರತಿ ಅಣುವೂ ಆ ವಸ್ತುವಿನ ರಾಸಾಯನಿಕ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ಪ್ರಕಟಿಸುತ್ತದೆ. ವಸ್ತುವಿನ ಲಕ್ಷಣಗಳೆಲ್ಲವನ್ನೂ ಪ್ರಕಟಿಸುವ ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಭೌತಕಣವೇ ಇದು. ಇಂಥ ಅಣುವನ್ನೇನೂ ವಿಂಗಡಿಸಬಹುದು. ಇಂಥ ವಿಂಗಡಣೆಯಿಂದಲೂ ಅದರಲ್ಲಿನ ವಿವಿಧ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ನಾವು ಗುರುತಿಸಬಹುದು. ಈ ಪರಮಾಣುಗಳು ವಿವಿಧ ರಾಸಾಯನಿಕ ಬದಲಾವಣೆಗಳಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸುತ್ತವೆ. ಅಂದಬಳಿಕ, ಇಲ್ಲಿನ ಪ್ರತಿ ಪರಮಾಣುವು ಒಂದೇ ತೆರನಾಗಿರಬೇಕಿಲ್ಲ. ಪರಮಾಣುವಾದರೂ ಅದು ಯಾವುದೇ ಇರಲಿ ತಾನು ಅವಿಭಾಜ್ಯವಾಗಿದೆ. ಇದನ್ನೊಡೆದು ವಿಂಗಡಿಸಲಾರೆವು ಎಂತಲೇ ವಸ್ತುವು ಅವಿನಾಶಿಯಾದುದು. ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ನಾವು ರೂಪಾಂತರಿಸಬಲ್ಲೆವೇ ವಿನಾ ಎಷ್ಟುಕ್ಕೂ ಖಂಡಿತ ಪೂರ್ತಿ ನಾಶಮಾಡಲಾರೆವು; ಈ ಮೊದಲಾದ ಭಾವನೆಗಳು ಕಳೆದ ಶತಮಾನದ ಅಂತ್ಯಭಾಗದಲ್ಲಿ ಪ್ರಚುರವಾದುವು.

ಪರಮಾಣುಗಳ ಗಾತ್ರ :

ಇಂಥ ಪರಮಾಣುಗಳಾದರೋ ಏಷ್ಟು ದೊಡ್ಡವು ? ಎಂಥ ಗಾತ್ರವವು? ಇದು ನಮ್ಮ ಕುತೂಹಲವನ್ನು ಸಹಜವಾಗಿ ಕೆರಳಿಸುವ ಪ್ರಶ್ನೆ. ಇದರ ಉತ್ತರವು ಈ ಕೆಳಗಿನ 2 ನಿದರ್ಶನಗಳಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ. ಚಿಕ್ಕ ನೀರಿನ ಹುಂಡೊಂದನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಿರಿ. ಇದರಲ್ಲಿ 6×10^{21} ಇಲ್ಲವೇ 6000000000000000000000 ಪರಮಾಣುಗಳಿವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ 4×10^{21} ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಉಳಿದ 2×10^{21} ಆಮ್ಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳು. ಇದೆಷ್ಟು ದೊಡ್ಡ ಸಂಖ್ಯೆ ಗೊತ್ತಿದೆಯೇ ? ನಮ್ಮ ದೇಶದಲ್ಲಿನ ನಲವತ್ತು ಕೋಟಿ ಜನರಲ್ಲಿ ಈ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಹಂಚಿದರೆ ಪ್ರತಿಯೊಬ್ಬನಿಗೂ ಹದಿನೈದು ಮಿಲಿಯ ಮಿಲಿಯ ಪರಮಾಣುಗಳು ಸಿಗುತ್ತವೆ. ತನ್ನ ಪಾಲಿನಂಶವನ್ನು ಒಬ್ಬನು ಪ್ರತಿ ಮಿನಿಟಿಗೆ 40ರಂತೆ ಹೆಕ್ಕಬಲ್ಲನಾದರೆ ಅವನು ನೂರು ಮಿಲಿಯ ವರ್ಷದ ತನಕ ದುಡಿಯಬೇಕು!

ನಿಮ್ಮ, ನನ್ನ, ನಮ್ಮೆಲ್ಲರ ಶ್ವಾಸಕೋಶದಲ್ಲಿ ಒಂದಷ್ಟು ಗಾಳಿ

ಇರುತ್ತದೆ. ಇದು ಹಾಗೆಯೇ ಇರುವಂಥ ಗಾಳಿ (Residual Air) ಸಾಮಾನ್ಯನೊಬ್ಬನು ಶ್ವಾಸಕೋಶಗಳಲ್ಲಿರುವಂಥ ಇಂಥ ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಸಾರಜನಕ, ಆಮ್ಲಜನಕ ಮೊದಲಾದ ಅನಿಲಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳು 10^{22} ಇರುತ್ತವೆ. ಇದು ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿರುವ ಎಲ್ಲ ಜನರ ದೇಹಗಳಲ್ಲಿನ ಜೀವಕೋಶಗಳ (cell) ಸಂಖ್ಯೆಯಷ್ಟು ಎಂದರೆ ಪರಮಾಣುವೆಷ್ಟು ಚಿಕ್ಕದು ಎಂದು ಹೊಳೆಯದಿರದು !

ಹಿಂದೆ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿದ ನೀರಿನ ಹುಂಡು ಭೂಮಿಯ ಗಾತ್ರದಷ್ಟು ವಿಸ್ತರಿಸಿ ನಿಂತರೆ, ಪ್ರತಿ ಪರಮಾಣುವೂ ಒಂದು ಸಾಮಾನ್ಯ ಗಾತ್ರದ ನಿಂಬೆಹಣ್ಣಿನಷ್ಟಾಗಬಹುದು.

ಇನ್ನು ವಿವಿಧ ಮೂಲಧಾತುಗಳಲ್ಲಿನ ಪರಮಾಣುಗಳ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಅಂತರವು ಕಾಣುವುದಿಲ್ಲ. ಧಾತುವು ಎಷ್ಟೇ ಭಾರವಾಗಿರಲಿ, ಅದರ ಗಾತ್ರವು ಮೇಲೆ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿದ ಪರಮಾಣುವಿನ ಗಾತ್ರದಷ್ಟೇ ಇರಬಹುದು, ಅಷ್ಟೇ. ತೂಕ ಮತ್ತು ಇತರ ಭೌತಲಕ್ಷಣಗಳಲ್ಲಿ ತುಸು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರಬಹುದೇ ವಿನಾ ಹೊರತೋರಿಕೆಗೇನೂ ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಕಂಡುಬರುವುದಿಲ್ಲ.

ಇನ್ನು ಅಣುಗಳ ವಿಚಾರ : ಒಂದು ಅಣುವಿನಲ್ಲಿನ ವಿವಿಧ ಪರಮಾಣುಗಳಾವುವು? ವಸ್ತುವಿನ ಭೌತಸ್ಥಿತಿ—ಅವಸ್ಥೆ (state) ಎಂಥದು? ಎಂಬುದನ್ನು ಲಕ್ಷಿಸಿಯೇ ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನುತ್ತರಿಸಬಲ್ಲೆವೇ ವಿನಾ ಅನ್ಯಥಾ ಅಲ್ಲ. ಅತ್ಯಾಧುನಿಕ ಕಾಲದ ಕೆಲವು ಬಗೆಯ ಸಾವಯುವ ಸಂಯುಕ್ತಗಳು (organic compounds) ಬೃಹತ್ಪರಿಮಾಣದ ಅಣುಗಳನ್ನು ಪಡೆದಿರುತ್ತವೆ. ಆದರೂ ಬರಿಯ ಕಣ್ಣಿಗೆ ಗೋಚರಿಸದೆ ಇರುವ ಗಾತ್ರದವುಗಳು ಇಂಥ ಅಣುಗಳು.

ಅಣುಗಳ, ಪರಮಾಣುಗಳೂ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿವೆ. ಅವಂತೂ ಮನುಷ್ಯ ದೃಷ್ಟಿಗೆ ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ, ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶನಕ್ಕೆ ಸಹಾಯಕವಾಗುವಂಥ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕಕ್ಕೂ ನಿಲುಕದಂಥವುಗಳು.

ಅಧ್ಯಾಯ ೨

ಪರಮಾಣು ಪ್ರಪಂಚ—ತೂಕ ಮತ್ತು ಅಂಶಗಳು

ಪರಮಾಣುಗಳ ವರ್ಗೀಕರಣ :

ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಕುರಿತ ಮೊದಲ ಭಾವನೆಗಳನ್ನು ಡಾಲ್ಟನ್ ಮತ್ತು ಇತರರು ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿದ ನಂತರ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಕಳೆದ ಶತಮಾನದ ಉದ್ದಕ್ಕೂ ರಸಾಯನ ಶಾಸ್ತ್ರವು ಬೆಳೆದು ಬಂದಿತು. ಪದಾರ್ಥವು ಅವಿನಾಶಿ, ಹೆಚ್ಚೆಂದರೆ ಇದು ರೂಪಾಂತರ ಹೊಂದಬಹುದೇ ವಿನಾ ಎಂದೂ ನಷ್ಟವಾಗುವಂಥದಲ್ಲ. ಪ್ರತ್ಯೇಕ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿನ ವಿವಿಧ ಪರಮಾಣುಗಳು ರಾಸಾಯನಿಕ ಬದಲಾವಣೆಗಳ ಸನ್ನಿವೇಶದಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ಜೋಡಣೆಗಳನ್ನು ತೋರುತ್ತಾ ಹೊಸತನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಬಹುದು. ಪ್ರತಿ ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲೂ ಪರಮಾಣುಗಳು ಸ್ವತಂತ್ರ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸುವ ಅವಿಭಾಜ್ಯ ಸೂಕ್ಷ್ಮತಮಕಣಗಳು, ಎಂಬ ಭಾವನೆಯು ಸರ್ವರಿಂದಲೂ ಮಾನ್ಯತೆ ಪಡೆದೊಡನೆ ವಿವಿಧ ಪರಮಾಣುಗಳೆಂಥವು ಎಂಬ ಶೋಧಗಳು ನಡೆದುವು. ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಧಾತು ನಿಸರ್ಗದಲ್ಲೆಲ್ಲಾ ಅತ್ಯಂತ ಹಗುರವಾದ ಧಾತು. ಆದ್ದರಿಂದಲೇ ಅದರ ಪರಮಾಣುಗಳು ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದವುಗಳು. ಉಳಿದೆಲ್ಲ ಧಾತುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳ ತೂಕಗಳನ್ನು ಜಲಜನಕಕ್ಕೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿಯೂ, ಮುಂದೆ ಕಾರಣಾಂತರದಿಂದ ಆಕ್ಸಿಜನ್ ಪರಮಾಣುವಿನ ತೂಕ 16 ಕ್ಕೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿಯೂ ಬರೆಯಲಾಗಿದೆ. ಇಂಥ ನಿರ್ಣಯದ ಬಗ್ಗೆ ರಾಸಾಯನಿಕ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ಸಂಬಂಧವಾದ ಹಲವಾರು ವಿಧಾನಗಳು ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿವೆ.

ತೂಕಾನುಸಾರ ವರ್ಗೀಕರಣ :

ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿಯೇ ತೂಕದ ಏರಿಕೆಯ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ವರ್ಗೀಕರಿಸುವ ಯತ್ನಗಳು ನಡೆದುವು. ಈ ಯತ್ನಗಳು ಇಪ್ಪತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಉತ್ತರಾರ್ಧದ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಪ್ರಗತಿಯ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಅಲ್ಪಯತ್ನಗಳೆಂದು ಕಂಡರೂ ಹಿಂದಿನ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ಇವೇ ಮಾನ್ಯವಾಗಿದ್ದು, ವಿಜ್ಞಾನದ ಪರಮಾಣುವಿನ ಜ್ಞಾನದ ಪ್ರಗತಿಗೆ ಇವೇ ಕಾರಣವಾದುವು ಎನ್ನುವುದರಲ್ಲಿ ಉತ್ಪ್ರೇಕ್ಷೆ ಏನೂ ಇಲ್ಲ.

ಜಲಜನಕವು ಅತ್ಯಂತ ಹಗುರವಾದ ಮೂಲ ಧಾತು. ಇದರ ಪರಮಾಣು ತೂಕ 16.000 ಕ್ಕೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ 1.008. ಇದರ ನಂತರದ ಧಾತುವೇ ಹೀಲಿಯಂ. ಇದರ ಪರಮಾಣು ತೂಕ 4, ಅನಂತರ ಲಿಥಿಯಮ್‌ನ ತೂಕ 7, ಬೆರಿಲಿಯಂನ ತೂಕ 9 ಹೀಗೆ ಇವುಗಳನ್ನು ತೂಕಾನುಸಾರವಾಗಿ ಬರೆಯಬಹುದು. ಈ ಶತಮಾನದ ಸುಮಾರು 2 ದಶಕಗಳ ತನಕವೂ ಇಂಥ ತೂಕ ನಿರ್ಣಯದ ವಿಧಾನಗಳು ಅಷ್ಟು ನಿಖರವಾಗಿರಲಿಲ್ಲ, ಕಾರಣ ಇವು ಸ್ಥೂಲವಾಗಿದ್ದು ಇಂಥ ತೂಕಾನುಸಾರ ಪಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಅಲ್ಲಲ್ಲಿ ಸಂದಿಗ್ಧತೆಗಳೂ ಇದ್ದಿರಬೇಕು. ಈಗಲೋ ಇಂಥ ನಿರ್ಣಯದ ವಿಧಾನಗಳು ಬಹಳ ನಿಖರವಾಗಿವೆ, ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿವೆ. ಮೊದಲು ಜಲಜನಕದ $0^{o}c$ ತಾಪದಲ್ಲಿ ಹಾಗೂ 76 ಸೆಂಟಿಮಿಾಟರ್ ಪಾದರಸ ಕಾಂಡದಷ್ಟು ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ 22.4 ಲೀಟರ್ ಗಾತ್ರದ ತೂಕವನ್ನು 2 ಗ್ರಾಂ ಎಂದು ಬಗೆದು ಜಲಜನಕದ ಅಣುವೊಂದರಲ್ಲಿ 2 ಪರಮಾಣುಗಳಿದ್ದ ಕಾರಣ ಪರಮಾಣು ತೂಕವನ್ನು ಇದೇ ಆದರ್ಶದ ಮೇರೆಗೆ 1 ಎಂದು ಬಗೆಯಲಾಯಿತು. ಇಂಥ ಎಣಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ನ್ಯೂನತೆಗಳು ಕಂಡು ಬಂದ ನಿಮಿತ್ತ ಮುಂದೆ 11.2 ಲೀಟರ್ ಗಾತ್ರದ 76 ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ಪಾದರಸ ಕಾಂಡದ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿನ 0^{o} ತಾಪದಲ್ಲಿನ ಆಕ್ಸಿಜನ್ನಿನ ತೂಕವನ್ನೇ – 8 ನ್ನೇ – ಆದರ್ಶಮಾನವನ್ನಾಗಿ ಪರಿಗ್ರಹಿಸಿ ವಿವಿಧ ತೂಕಗಳನ್ನು ಬರೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ. ವಿವಿಧ ಪರಮಾಣುಗಳ ತೂಕಗಳನ್ನು ಪರಿಶಿಷ್ಟ ಒಂದರ ಯಾದಿಯಲ್ಲಿ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ.

ರಾಸಾಯನಿಕ ಧರ್ಮಾನುಸಾರ ಧಾತುಗಳ ವರ್ಗೀಕರಣ :

ಪರಿಶಿಷ್ಟ 1 ರ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿನ ತೂಕಗಳಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ತೂಕಗಳು ಸ್ಥೂಲವಾದುವುಗಳು, ಕೆಲವು ಅತ್ಯಂತ ನಿಖರವಾದುವುಗಳು. ಆದರೂ ಇಲ್ಲಿ ಗಮನಿಸುವ ಅಂಶವೊಂದಿದೆ : ಅನೇಕ ಪರಮಾಣುಗಳ ತೂಕಗಳು ಪೂರ್ಣಾಂಕಗಳಾಗಿಲ್ಲ; ಬದಲು, ದಶಮಾಂಶ ಭಾಗವನ್ನೊಳಗೊಂಡಿವೆ. ಈ ಯಾದಿಯಲ್ಲಿನ ಧಾತುಗಳಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು ಕಾಲು ಪಾಲಿನಷ್ಟಾದರೂ ಇತ್ತೀಚೆಗಿನ ನೂರುವರ್ಷಗಳಷ್ಟರಲ್ಲೇ ಶೋಧಿಸಲ್ಪಟ್ಟುವು. ಆದರೂ ಇತ್ತೀಚೆಗಿನ ಅಳತೆಗಳು, ಮುಖ್ಯ ತೂಕನಿರ್ಣಯಗಳಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ನಿಖರವಾಗಿವೆ. ಇವನ್ನೆಲ್ಲ ಸರದಿ ಪ್ರಕಾರ ಬರೆದಾಗ ಇವುಗಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ಲಕ್ಷಣಗಳಲ್ಲಿ ಪುನಃ ಪುನಃ ಏಕಪ್ರಕಾರತೆಯು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ; ಒಂದು ಬಗೆಯ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವ ಧಾತುಗಳ ಸರದಿಯ ನಂತರ ಮತ್ತೊಂದು ಧಾತುಗಳ ಸರದಿ ಬರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿನ ಅನುಕ್ರಮವಾದ ಧಾತುಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳು ಹಿಂದಿನ ಸರದಿಯ ಧಾತುಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನೇ ಹೋಲುತ್ತವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಫ್ಲೋರಿನ್, ಕ್ಲೋರಿನ್ ಮತ್ತು ಬ್ರೋಮಿನ್. ಐಯೋಡಿನ್ ಧಾತುಗಳಲ್ಲಿ ರಾಸಾಯನಿಕ ಲಕ್ಷಣಗಳ ಏಕಪ್ರಕಾರತೆಯು ಕಂಡುಬಂದಿತು. ಇವುಗಳೆಲ್ಲ ಒಂದೇ ವರ್ಗದವು —ಲವಣಜನಕಗಳು (ಹೆಲೊಜನ್ಸ್, Halogens) ಎಂದು ಕರೆಯಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳಂತೆಯೇ ಏಕಪ್ರಕಾರದ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳುಳ್ಳ ಧಾತುಗಳು ಸರದಿಪ್ರಕಾರ ಕಂಡುಬರುತ್ತವೆ. ಸರದಿಪ್ರಕಾರ ಬರೆದಾಗ ಹಲವು ವರ್ಗಗಳು ಬರೆಯಲ್ಪಟ್ಟಂತೆ, ಸಾಲುಸಾಲಾಗಿ ಹಲವು ಆವರ್ತಗಳು (periods) ಕಂಡುಬರುತ್ತವೆ. ಧಾತುಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ಹೀಗೆ ವರ್ಗೀಕರಿಸಿ, ಆವರ್ತಗಳಲ್ಲಿ ಬರೆದಾಗಿನ ಕೋಷ್ಟಕವನ್ನೇ ಆವರ್ತ ವರ್ಗೀಕರಣ ಯಾದಿ (periodic table) ಎನ್ನುತ್ತೇವೆ. ಇಂಥ ಯತ್ನವನ್ನು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಮಾಡಿದವನು ರಷ್ಯನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಮೆಂಡಲೀಫ್. ಇವನು ಆರಂಭಿಸಿದ, ಹಾಗೂ ಈಗಲೀಗ ಪೂರ್ತಿಯಾದ ಯಾದಿಯನ್ನು ಪರಿಶಿಷ್ಟ 2 ರಲ್ಲಿ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ.

ಪರಮಾಣು ಅವಿಭಾಜ್ಯವೆ ? :

ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನುತ್ತರಿಸುವುದು ಈ ಗ್ರಂಥದಲ್ಲಿ ಅನಾವಶ್ಯಕವೆನಿಸಿದರೂ, ಈ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿಯೂ ಹಿಂದಿನ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿಯೂ ಕೊನೆಯ ಅಂಕಣ ಗಳಲ್ಲಿ ಕೊಡಲಾದ ಅಂಕೆಸಂಖ್ಯೆಗಳಲ್ಲಿ ವಿಶಿಷ್ಟ ಕ್ರಮವಿದೆ. ಹಿಂದಿನ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿ ಬರೆಯಲಾದ ಪರಮಾಣು ಅಂಕಗಳೇ ಇಲ್ಲಿನ 2 ನೇ ಯಾದಿ ಯಲ್ಲಿ ಧಾತುವಿನ ಹಿಂದೆ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಬರೆದುಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ. ಇದನ್ನೇ ಪರಮಾಣ್ವಂಕ (Atomic Number) ವೆನ್ನುತ್ತೇವೆ. ಉದ್ದಕ್ಕೂ ಬರೆಯಲಾದ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಸರದಿ ಮತ್ತು ಸ್ಥಾನಸೂಚಕ ಅಂಕೆಗಳೇ ಇವು ಆದರೂ, ಇವನ್ನೇತಕ್ಕೆ ಹೀಗೆ ಕ್ರೋಡೀಕರಿಸಲಾಗಿದೆ? ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಯ ಉತ್ತರವನ್ನು ತುಸು ಮುಂದಕ್ಕೆ ಕೊಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕಿಂತ ಮುಂಚೆ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯ ವಿಚಾರವನ್ನೂ ಇದರಲ್ಲಿ ಮೂಡಿದ ಹೊಸತು ಭಾವನೆಗಳನ್ನೆಲ್ಲವನ್ನೂ ಪ್ರಸ್ತುತ ಗಮನಿಸೋಣ.

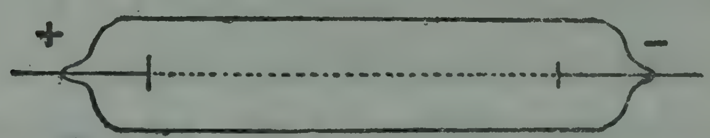
ಕಬ್ಬಿಣ, ತಾಮ್ರ ಇವೆರಡು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಮೂಲಧಾತುಗಳು. ಇವುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ರಚನೆಯವು ಎನ್ನುವುದರಲ್ಲಿ ಆಶ್ಚರ್ಯವೇನೂ ಇಲ್ಲ. ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೆಂಥದು ? ಗಾತ್ರ ಮತ್ತು ತೂಕಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೇ? ಇವೆರಡೂ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ತೂಕವುಳ್ಳ ಗಟ್ಟಿ ತುಂಡುಗಳೇ ? ಎಂಬ ಸಂದೇಹವು ಮೊನ್ನೆ ಮೊನ್ನೆಯ ತನಕವೂ —ಕಳೆದ ಶತಮಾನದ ಅಂತ್ಯದ ತನಕ— ಇದ್ದಿತ್ತು. ಕಳೆದ ಶತಮಾನದ ಅಂತ್ಯಭಾಗದಲ್ಲಿ —ಅಂತಿಮ ದಶಕದಲ್ಲಿ ನಡೆಸಿದ ಎರಡು ಮೂರು ಶೋಧಗು ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಯ ಉತ್ತರವನ್ನು ಸೂಚಿಸಿ ದುವು. ಪರಮಾಣು ಅವಿಭಾಜ್ಯವೆಂಬ ಭಾವನೆಯನ್ನು ಈ ಶೋಧಗಳ ಫಲವಾಗಿ ತೊಲಗಿಸಬೇಕಾಯಿತು. ಪರಮಾಣುವು, ಅದು ಯಾವ ಮೂಲಧಾತುವಿನದೇ ಇರಲಿ, ವಿಭಾಜ್ಯವಾಗಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಬೀಜ ಸದೃಶವಾದ ಭಾಗವೊಂದಿದೆ. ಇದೇ ಸಾಂದ್ರತಮ ಭಾಗ. ಇದರ ಸುತ್ತಲೂ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಕಣವಿಶೇಷಗಳಿವೆ; ಸಾಲದುದಕ್ಕೆ ಎಂಬಂತೆ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲೂ, ಸುತ್ತಲಿನ ಕಣಗಲ್ಲೂ ವಿಪರೀತ ಧರ್ಮದ—ಲಕ್ಷಣ ಗಳುಳ್ಳ— ವಿದ್ಯುತ್ ಇರುತ್ತದೆ. ಇನ್ನು ಯುರೇನಿಯಂ, ರೇಡಿಯಂ

ಮೊದಲಾದ ಧಾತು ಗರ್ಭಗಳಿಂದ ಹಲವು ಕಣಗಳೂ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳೂ ವಿಕಿರಣ ಹೊಂದುತ್ತಲಿವೆ. ಇದು ಎರಡನೆಯ ಶೋಧ. ಇದರಲ್ಲಿಂತೂ ಪದಾರ್ಥವು ವಿಭಾಜ್ಯವೆಂಬುದಲ್ಲದೆ ಪರಮಾಣುವೊಂದು ತನ್ನತನವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಕ್ರಮವೂ ಇದೆ. ಕಾಲಾನಂತರದಲ್ಲಾದರೂ ಒಂದು ಮೂಲಧಾತು ತನ್ನತನವನ್ನು ಕಳೆದು ಮತ್ತೊಂದು ಧಾತುವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಇಂಥ ನೈಸರ್ಗಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಧಾತುಗಳ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯೆ (Radio activity) ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ; ಈ ಎರಡು ಶೋಧಗಳು ಸಂಪ್ರದಾಯದಲ್ಲಿ ಆ ತನಕ ಬಂದಿದ್ದ ಭಾವನೆಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ಮೂಲೆಪಾಲಾಗಿಸಿದುವು.

ಪರಮಾಣುಗಳ ಕೇಂದ್ರೇತರ ಭಾಗ :

ಪ್ರತಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ಕೇಂದ್ರ (ಬೀಜ, nucleus) ದ ಸುತ್ತಲೂ ಹೊರಕಕ್ಷೆಗಳಲ್ಲಿ ವರ್ತುಲ ಪಥ (ವಲಯ) ಗಳಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುವರಿಯುವ ಕಣವಿಶೇಷಗಳೇ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ (electron) ಗಳು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ತು ಇದೆ. ಆದುದರಿಂದ ಇವನ್ನು ಋಣವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳೆನ್ನಲೂಬಹುದು. ನೀರಿನ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಯಗೊಟ್ಟಾಗ ನೀರು ಹೈಡ್ರೊಜನ್ ಮತ್ತು ಆಕ್ಸಿಜನ್‌ಗಳಾಗಿ ವಿಭಾಗವಾಗುವುದಿಲ್ಲವೆ? ವಿಭಾಗವಾದಾಗ ನಾವು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ವಿದ್ಯುತ್ತು ಈ ಮೂಲಧಾತುಗಳಲ್ಲಿ ಅಡಕವಾಗಿರಲೇಬೇಕು ಎಂದು ಸ್ಟೋನೆ (stoney) ಎಂಬಾತನ ವಾದವಿತ್ತು. ಆದರೆ ಅಷ್ಟರಲ್ಲೇ ವಿದ್ಯುತ್ಸಂಬಂಧವಾದ ಅನೇಕ ಸ್ಪಷ್ಟವಾದ ಭಾವನೆಗಳು ಪ್ರಚುರವಿದ್ದು, ಒಂದು ಬಗೆಯ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಕೊರತೆಯು ಋಣವಿದ್ಯುತ್ತು, ಅಲ್ಲದೆ ಇಂಥ ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಹೆಚ್ಚಳದಿಂದ ಋಣ ಸ್ವರೂಪದ ವಿದ್ಯುತ್ತು ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆಂತಲೂ, ಈ ಬಗೆಯ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಕೊರತೆಯ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ ಇನ್ನೊಂದು ಬಗೆಯ ವಿದ್ಯುತ್ತು —ಧನವಿದ್ಯುತ್ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆಂದೂ ತಿಳಿದಿತ್ತು. ಗಾಳಿಯನ್ನು ಶೋಷಿಸಿದ ದೊಡ್ಡ ನಳಿಗೆಯೊಂದರಲ್ಲಿ, ಅದರ ಎರಡು ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಲೋಹದ ತಗಡು

ಗಳನ್ನೋ, ತಂತಿಗಳನ್ನೋ ಬೆಸೆದು ಈ ನಳಿಗೆಯಲ್ಲಿ ಅಧಿಕ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ವೋಲ್ಟೇಜು (ಒತ್ತಡ, voltage) ಳ್ಳ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಯಿಸಲು ಯತ್ನಿಸಿದಾಗ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವು ಕಂಡುಬರುವುದಿಲ್ಲ. ನಳಿಗೆಯೊಳಗಿನ



ಚಿತ್ರ : ೪ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಜನಿತ

ಅನಿಲವನ್ನು ಹೀರಿ ತೆಗೆದು ಶುಷ್ಕ ಸನ್ನಿವೇಶವನ್ನೊದಗಿಸಿ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದಾಗ, ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ, ಕೋಲ್ಮಿಂಚನ್ನು ಹೋಲುವ ಪದರು ಪದರುಗಳಲ್ಲಿ ಎಂದರೆ, ಬಿಟ್ಟು ಬಿಟ್ಟು ಹರಿಯುವ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಕಣವಿಶೇಷಗಳು ಕಂಡುಬಂದುವು. ಥಾಮ್ಸನ್ ಮೊದಲಿಗರು ಇಂಥ ಕಣಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನರಿತುಕೊಳ್ಳುವ ಉದ್ದೇಶದಿಂದ ವಿವಿಧ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿದರು. ಇವು ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸುವ ಕ್ಷುದ್ರತಮ ಕಣಗಳೆಂತಲೂ ನಳಿಗೆಯಲ್ಲಿನ ಅನಿಲವು ಯಾವುದೇ ಇರಲಿ ಇವುಗಳ ಸ್ವಭಾವವು ಒಂದೇ ಎಂತಲೂ, ಮುಖ್ಯ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಸ್ವರೂಪಗಳು ಒಂದೇ ಎಂತಲೂ ಕಂಡುಹಿಡಿದರು. ಅಲ್ಲದೆ ಇವನ್ನು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಎಂತಲೂ ಹೆಸರಿಸಲಾಯಿತು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಯೊಂದರಲ್ಲೂ ಇರಬಲ್ಲ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಪರಿಮಾಣವು ಅಲ್ಪತಮಸಾಧ್ಯಪರಿಮಾಣವೆಂತಲೂ ಇದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಮೆ ಪರಿಮಾಣದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ಸಂಚಯವು ಎಲ್ಲಿಯೂ ಕಾಣಸಿಗದೆಂತಲೂ ತಿಳಿಯಲಾಯಿತು. ದೊಡ್ಡ ದೊಡ್ಡ ಪದಾರ್ಥ ಕಣಗಳು ಒಡೆದಾಗ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಪಡೆದಿದ್ದು ಅಯೋಣುಗಳಾಗಿ (ions) ಕಂಡುಬಂದಾಗಲೂ ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನೊಂದರಲ್ಲಿ ಇರುವ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ 1, 2, 3, 4....ಹೀಗೆ ಪೂರ್ಣಾಂಕಗಳಷ್ಟರ ವಿದ್ಯುತ್ತೇ ಇರುವಂಥದು ಎಂದೂ ತಿಳಿದುಬಂದಿತು. ಇನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ಕ್ಷೇತ್ರ ಹಾಗೂ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಹರಿವು ತಕ್ಕಂತೆ ಬಾಗುತ್ತದೆಂತಲೂ ನಿಷ್ಕರ್ಷಿಸಲ್ಪಟ್ಟು,

ತತ್ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಪ್ರತಿ ಪದಾರ್ಥದಲ್ಲಿಯೂ — ಪ್ರತಿ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲೂ ಇಂತಹ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು — ಸೂಕ್ಷ್ಮತಮ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಪರಿಮಾಣವುಳ್ಳ ಕಣವಿಶೇಷಗಳಿರಲೇಬೇಕೆಂಬುದು ಗ್ರಾಹ್ಯವಾಯಿತು.

ಇಷ್ಟರಲ್ಲೇ ಜೆ. ಜೆ. ಥಾಮ್ಸನ್ ತನ್ನ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ತನ್ನ ವಿದ್ಯುತ್ಕ್ಷೇತ್ರ ಮತ್ತು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳಿಂದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಪಥಭ್ರಂಶ ಮತ್ತು ಬಾಗುವಿಕೆಗಳನ್ನು ಅಳೆದು, ಅದನ್ನಾಧರಿಸಿ ಈ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನ ತೂಕದ $\frac{1}{1837}$ ರಷ್ಟು ಇರುತ್ತದೆಂದು ತೀರ್ಮಾನಿಸಿದನು. ಇನ್ನು ಇದರಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ತು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪರಿಮಾಣದ ಆದರ್ಶಮಾನ, ಎಂದರೆ ಈಗತಾನೇ ಹೇಳಿದಂತೆ ಇದರಷ್ಟೇ, ಇಲ್ಲವೆ 2 ಪಾಲು, 3 ಪಾಲು, 4 ಪಾಲು ಎಂಬಂತೆ ಪೂರ್ಣಾಂಕಗಳಷ್ಟರ ಪಾಲು ಎಂದು ನಾವು ಗುರುತಿಸಬಹುದು.

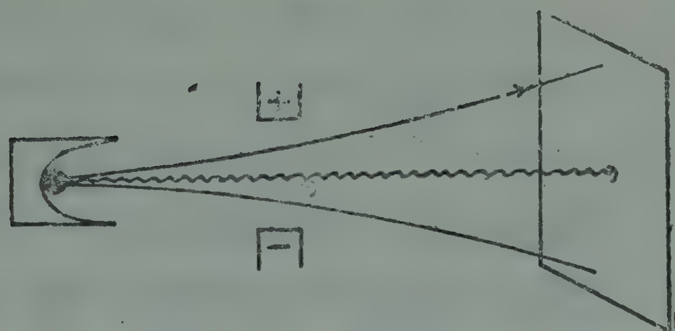
ಇಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಮೇಲಿನ ನಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ವೇಗವಾಗಿ ಧಾವಿಸುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಯಾವುದಾದರೊಂದು ಘನ ವಸ್ತುವನ್ನು ಹೊಡೆದಾಗ ಎಂಥ ವಸ್ತುವನ್ನೂ ಹಾದುಹೋಗಬಲ್ಲ ಅತ್ಯಂತ ಪ್ರಭಾವಶಾಲಿ ಶಕ್ತಿ ಕಿರಣಗಳು ಸೃಷ್ಟಿಯಾಗುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನೂ ವಿಲ್ಹೆಲ್ಮ್ ರಾಂಟ್ಜೆನ್ ಎಂಬಾತನು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಇವನ್ನೇ ಈತನು X ಕಿರಣಗಳೆಂದು ಕರೆದನು. ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಧಾವಿಸುತ್ತ ಸಾಕಷ್ಟು ಸುದೃಢವಾದ ಫಲಕವೊಂದನ್ನು ಬಡಿದಾಗ X ಕಿರಣಗಳುತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತವೆ. ಇವೇನೂ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಪಡೆದ ಕಣಗಳಲ್ಲ, ಬದಲಾಗಿ ಬೆಳಕಿನಂಥ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ತರಂಗಗಳು, ಆದರೆ ಬೆಳಕಿಗಿಂತ ಎಷ್ಟೋ ಪಾಲು ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಯ, ತೀಕ್ಷ್ಣ ಮತ್ತು ವ್ಯಾಪನಶೀಲ ಧರ್ಮಗಳುಳ್ಳ ಕಿರಣಗಳು. ಇವುಗಳ ಸ್ವಭಾವವನ್ನರಿತ ಕೂಡಲೇ ದೇಹದೊಳಗಣ ಭಾಗಗಳ ಪರೀಕ್ಷೆ ಮತ್ತು ಚಿಕಿತ್ಸೆಯ ಕ್ರಮಗಳಲ್ಲಿ ಈ X ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಯಿತು.

ರೇಡಿಯೋ ಆಕ್ಟಿವಿಟಿ :

X ಕಿರಣಗಳ ಶೋಧದೊಂದಿಗೆ ಸುಮಾರು ಅದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ

ನಡೆಸಲ್ಪಟ್ಟ ಇತರ ಶೋಧಗಳ ಫಲವಾಗಿ ಯುರೇನಿಯಂ, ರೇಡಿಯಂ ಮೊದಲಾದ ಧಾತುಗಳ ಹೊಸ ಧರ್ಮವೊಂದು ಬೆಳಕಿಗೆ ಬಂದಿತು. ಈ ಧಾತುಗಳ ಗರ್ಭದಿಂದ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆದ ಕಣಗಳೂ ಬೆಳಕಿಗಿಂತಲೂ ತೀವ್ರವಾದ ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯುತವಾದ ಕಿರಣಗಳೂ ಇಲ್ಲವೆ ಇವೆರಡು ವರ್ಗದ ವಿಕಿರಣಗಳೂ ಏಕಪ್ರಕಾರ ಹೊರಹೊಮ್ಮುತ್ತಲಿರುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನೇ ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ (ರೇಡಿಯೋ ಆಕ್ಟಿವಿಟಿ, Radio activity) ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಹೆನ್ರಿಬೆಕೆರಲ್ ಎಂಬಾತನು ಇದನ್ನು ಶೋಧಿಸಿದನು. ಈ ಶೋಧದಿಂದ ಹೊಸ ಭಾವನೆಯೊಂದು ಕುದುರಿತು. ಪರಮಾಣು ಗರ್ಭದಿಂದ ಜಲಜನಕದ ತೂಕದ ನಾಲ್ಕರಷ್ಟು ತೂಕದ ಕಣಗಳು ಹೊರಹೊಮ್ಮುವುವಷ್ಟೆ. ಇವು ಧನವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಪಡೆದಿವೆ. ಹೀಗೆಂದ ಬಳಿಕ ಧಾತುಗರ್ಭದಲ್ಲಿ ಧನವಿದ್ಯುತ್ತಿರಲೇಬೇಕೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟವೇ. ಪರಮಾಣುವಿನ ಕೇಂದ್ರೇತರ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ತು ಇರುವುದಷ್ಟೆ. ಇದನ್ನು ತಟಸ್ಥವಾಗಿಸಲೋ ಎಂಬಂತೆ ಪರಮಾಣುವಿನ ಗರ್ಭದಲ್ಲಿ ಇದಕ್ಕೆ ಸರಿಸಮವೆನಿಸುವ ಧನವಿದ್ಯುತ್ತು ಇರುತ್ತದೆ. ಇಂಥ ಧನವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಧಾತುಗರ್ಭದಿಂದ X ಕಿರಣಗಳಂತಹ ಅಧಿಕಶಕ್ತಿಯ ಕಿರಣಗಳೂ ಹೊರಹೊಮ್ಮುತ್ತ ಪರಮಾಣು ರೂಪಾಂತರ ಹೊಂದುತ್ತದೆ ಎಂಬಿವೇ ಮೊದಲಾದ ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯಾಕಾರಕ ಧಾತುಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ನಿರ್ವಚಿಸಿದರು. ಪರಮಾಣು ಅವಿಭಾಜ್ಯವೆಂಬ ಭಾವನೆಯೂ ಈ ಎಲ್ಲ ಆವಿಷ್ಕಾರಗಳ ಫಲವಾಗಿ ತ್ಯಜಿಸಲ್ಪಡುವಂತಾಯಿತು.

ಈ ವಿಚಾರವನ್ನು ಮತ್ತೂ ಬೆಳೆಸುವ ಮುಂಚೆ ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯ ಕಾರಣದಿಂದ ಹೊರಹೊಮ್ಮುವ ಕಣ ಮತ್ತು ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಕುರಿತು ಎರಡು ಮಾತುಗಳನ್ನು ಹೇಳಲೇಬೇಕು. ಈ ಕಣ, ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಪ್ರಬಲ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಹಾಯಿಸಿದಾಗ ಗಾಮಾಕಿರಣಗಳೆಂದು ಕರೆಯಲ್ಪಡುವ ಪ್ರಬಲ X ಕಿರಣಗಳು ಏನೇನೂ ಬಾಗದೆ, ನೇರಾಗಿ ಮುಂದರಿಯುವುವು. ಆದರೆ, ಉಳಿದೆರಡು ಬಗೆಯ ಕಣಗಳು ಒಂದರಿಂದೊಂದು ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಮುಂದೆ ಸಾಗುವುವು. ಹೀಗೆ ಸಾಗುತ್ತ ತಮ್ಮಲ್ಲಿನ



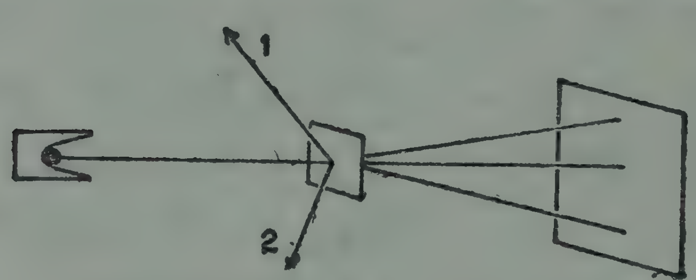
ಚಿತ್ರ : 5 ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯೆಯ ಮೇಲೆ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವ

ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ವಿರುದ್ಧ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಪ್ರಕಟಿಸುತ್ತವೆ. ಪರಮಾಣು ಗರ್ಭದಿಂದ ಹೊರಹೊಮ್ಮುವ ಧನವಿದ್ಯುತ್ಸಂಚಯದ ಕಣಗಳನ್ನು ಆಲ್ಫಾ (alpha) ಕಣಗಳೆನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ಮಾನದಷ್ಟು ಧನವಿದ್ಯುತ್ತಿದೆ. ಆದರೆ ತೂಕವು ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಪರಮಾಣುವಿನ ತೂಕದ ನಾಲ್ಕರಷ್ಟು. ಆದುದರಿಂದ ಈ ಆಲ್ಫಾಕಣಗಳಾದರೂ ಕೇಂದ್ರೇತರ ಭಾಗದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡ ಹೀಲಿಯಂ ಬೀಜಗಳೇ ಆಗಿವೆ ಎಂದು ಮೊತ್ತಮೊದಲು ತೋರಿಸಿದ ಕೀರ್ತಿ ಲಾರ್ಡ್ ಅರ್ನೆಸ್ಟ್ ರುದರ್‌ಫೋರ್ಡ್‌ನಿಗೆ ಸಲ್ಲುತ್ತದೆ. ಇವೇ ಅಲ್ಲದೆ ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ಸಂಚಯದ ಕಣಗಳು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೇ ಎಂಬುದನ್ನು ತೀರ್ಮಾನಿಸಲಾಯಿತು. ಹೀಗೆ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಕಗಳಾದ ಯುರೇನಿಯಂ ಮತ್ತು ರೇಡಿಯಂ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಗರ್ಭದಿಂದ ಹೀಲಿಯಂ ಬೀಜಗಳೂ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಪ್ರವಾಹಗಳೂ ಇವುಗಳೊಡನೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಸ್ವಭಾವವೇ ಇಲ್ಲದ ಗಾಮಾಕಿರಣಗಳೂ ಹೊರಹೊಮ್ಮುತ್ತವೆ ಎಂಬ ವಿವಾದಾತ್ಮಕ ವಿಚಾರಗಳನ್ನು ಖಚಿತವಾಗಿ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟವರಲ್ಲಿ ರುದರ್‌ಫೋರ್ಡ್ ಮೊದಲಿಗ.

ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ಅಸ್ತಿತ್ವ :

ಸುಮಾರು 1911ರಲ್ಲಿ ರುದರ್‌ಫೋರ್ಡನು ಇನ್ನೂ ಒಂದು ವಿಚಾರವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಈತನು ಪ್ರಬಲವಾದ ಹಾಗೂ ದಟ್ಟವಾದ ಆಲ್ಫಾಕಣಗಳ ಕಾಷ್ಠ (beam)ವೊಂದನ್ನು ಒದಗಿಸಿಕೊಂಡು ಅದನ್ನು

ಸೀಸದಿಂದ ಆವರಿಸಿಕೊಂಡು ಕಾಷ್ಠವು ನೇರಾದ ಪಥದಲ್ಲಿ ಮುಂಬರಿಯುತ್ತಾ ತೆಳ್ಳಗಿರುವ ಬಂಗಾರದ ಫಲಕವೊಂದರ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವಂತೆ ಮಾಡಿದನು. ಆಗ ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಬಾಗದೆ ಕಾಷ್ಠವು ಹಾಗೆಯೇ ಮುಂಬರಿಯುವಂತೆ ಕಂಡಿತು. ಬಂಗಾರವೇ ಇರಲಿ, ಇತರ ಲೋಹವೇ ಇರಲಿ, ಇದರಲ್ಲಿನ ಪರಮಾಣುಗಳು ಪೂರ್ತಿ ಗಟ್ಟಿಯಾಗಿರುತ್ತಿದ್ದರೆ, ಈ ಆಲ್ಫಾಕಣಗಳು ಅತ್ತಿತ್ತ, ಎಂದರೆ ತಮ್ಮ ಋಜು (straight) ಪಥದಿಂದ ಬಾಗುತ್ತಾ ಚಲಿಸಲೇಬೇಕಷ್ಟೆ. ಇವು ನೇರಾಗಿ ಚಲಿಸುವ ಕಾರಣ ಪರಮಾಣುಗಳು ಸಾಕಷ್ಟು ಜೊಳ್ಳಾಗಿರಲೇಬೇಕು. ಇನ್ನು ಬರಿಯ ಜೊಳ್ಳೇ ಆಗಿದ್ದರೆ ಈ ಕಣಗಳು ಋಜು ಪಥದಲ್ಲೇ ಮುಂಬರಿಯಬೇಕು. ಅಂತೂ ಪರಮಾಣು ಗರ್ಭದಲ್ಲಿ ತುಸುವೇ ಜಾಗದಲ್ಲಿ ಪದಾರ್ಥ ಸಂಚಯವಿದ್ದು ಉಳಿದೆಲ್ಲ ಭಾಗವೂ ಶೂನ್ಯವೇ—ಶೂನ್ಯಭಾಗವು ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಎಂಬು



(1, 2 ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಕಣಗಳು)

ಚಿತ್ರ : ೬ ಆಲ್ಫಾಕಣಗಳ ಚದುರುವಿಕೆ

ದೂ ಸ್ಥಾಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತು. ಅಂತೂ ಇವೆಲ್ಲ ಶೋಧಗಳ ಫಲವಾಗಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ನೂತನ ಚಿತ್ರವೊಂದು ಲಭಿಸಿತು.

ಪರಮಾಣು ರಚನೆ ಸೌರವ್ಯೂಹದಂತಿದೆಯೆ ?

ಪರಮಾಣುವಿನ ಪ್ರಪಂಚವು ನಮ್ಮ ಸೌರವ್ಯೂಹವನ್ನು ತುಸು ಮಟ್ಟಿಗೆ ಹೋಲುತ್ತದೆನ್ನಬಹುದು. ಸೌರವ್ಯೂಹದ ವಿವರಗಳು ಎಲ್ಲರಿಗೂ ತಿಳಿದಿರುವಂಥವೇ. ಇದರಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಜಾಜ್ವಲ್ಯಮಾನನಾದ

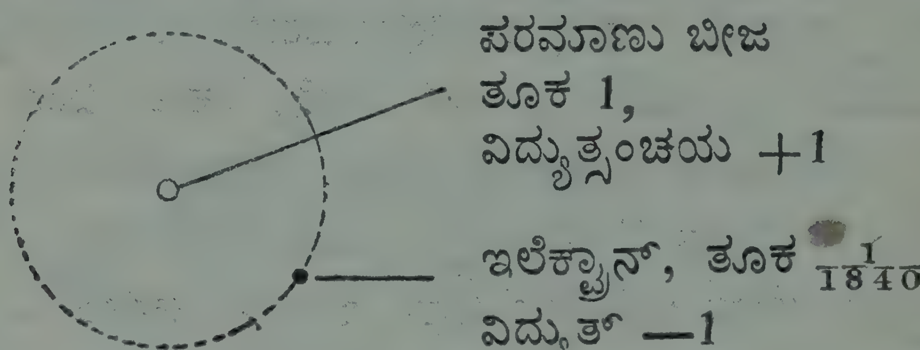
ಸೂರ್ಯ, ಇವನ ವ್ಯೂಹದಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲ ಪದಾರ್ಥದ 99.99% ತನ್ನಲ್ಲೇ ಪಡೆದಿರುತ್ತಾನೆ. ಇವನ ಸುತ್ತಲೂ ತುಸು ದೀರ್ಘವೃತ್ತಾಕಾರದ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಬುಧ, ಶುಕ್ರ. ಭೂಮಿ ಮೊದಲಾದ ಗ್ರಹಗಳು ಸುತ್ತುತ್ತಲಿವೆ. ಸುತ್ತುತ್ತಲೂ ಪ್ರತಿಯೊಂದೂ ತನ್ನ ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಉರುಳುತ್ತಲೇ ಇವೆ. ವ್ಯೂಹದಲ್ಲೆಲ್ಲಾ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಭಾವ, ಗಾತ್ರ, ತೂಕ, ಪದಾರ್ಥಸಂಚಯ, ಹಿಡಿದೆಳೆಯುವ ಶಕ್ತಿ ಎಲ್ಲವೂ ಸೂರ್ಯನದೇ; ಸುತ್ತುವ ಗ್ರಹಗಳಾಗಲೀ ಅವುಗಳ ಉಪಗ್ರಹಗಳೇ ಆಗಲೀ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಅತ್ಯಂತ ಕ್ಷುದ್ರವಾದುವುಗಳು. ಸೂರ್ಯ ಮತ್ತು ಗ್ರಹದ ನಡುವಣ ಜಾಗವೆಲ್ಲವೂ ಶೂನ್ಯವೇ ಎನ್ನುವಷ್ಟು ವಿರಳವಾದ ಆಕಾಶ. ಅಲ್ಲಿ ಪದಾರ್ಥಸಂಚಯವೇನೂ ಇಲ್ಲ. ಇಂಥ ರಚನೆಯನ್ನೇ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಪರಮಾಣು ಪ್ರಪಂಚಕ್ಕೂ ಅನ್ವಯಿಸಿದನು.

ಮೊತ್ತಮೊದಲು ಪರಮಾಣುವಿನ ಅಂತರ್ರಚನೆಯನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದವನು ಜೆ.ಜೆ. ಥಾಮ್ಸನ್. ಇವನ ಅಭಿಮತದ ಪ್ರಕಾರ ಪರಮಾಣು ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಧನಾತ್ಮಕ ವಿದ್ಯುದ್ಗೋಳವೊಂದಿದೆ. ಇದರ ಸುತ್ತಲೂ ಈ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ತಟಸ್ಥಗೊಳಿಸಲು ಋಣವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಪಡೆದ ತಕ್ಕಷ್ಟು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿವೆ. ಇಂಥ ರಚನೆಯೇ ಪರಮಾಣು. ಇನ್ನು ವಿವಿಧ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ, ಕೇಂದ್ರದಿಂದ ಅವುಗಳ ದೂರ ಮೊದಲಾದ ವಿವರಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ಥಾಮ್ಸನ್‌ನ ಪ್ರತಿಪಾದನೆಯಾಗಿತ್ತು. ಇಂಥ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ತರದ ಯುಕ್ತಿಯು ಕಂಡು ಬರುತಿತ್ತೇ ವಿನಾ ಇದರಿಂದ ಅನೇಕ ಪರಮಾಣು ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನೂ ವಿವರಿಸಲು ಬರುತ್ತಲಿದ್ದಿಲ್ಲ; ಅಲ್ಲದೆ ಈ ವಾದದಲ್ಲಿ ಮುಂದಿನವರು ಅನೇಕ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಲೋಪ ಮತ್ತು ದೋಷಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸಿದರು.

ಅಷ್ಟರಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಕುರಿತು ಹಲವಾರು ವಿವರಗಳು ಸಂಗ್ರಹವಾಗಿದ್ದುವು. ಅಲ್ಲದೆ ನಿರ್ವಾತ ನಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಹರಿವಿನ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡ ಧನಾತ್ಮಕ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳು ಹರಿಯುವುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿದ ರುದರ್‌ಫೋರ್ಡ್‌ನಾದರೋ ಇಂಥ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ತುಂಬಿದ

ನಳಿಗೆಗಳಲ್ಲಿ ನಡೆಸಿದನು; ಅಲ್ಲದೆ, ಇಂಥ ಎಲ್ಲ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲೂ ಧನಾತ್ಮಕ ವಿದ್ಯುತ್ಸಂಚಯವನ್ನೇ ತೋರುವ ಕಣಗಳು, ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸರಿವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವುದನ್ನು ತೋರಿಸಿದನು. ಇಂಥ ಭಾಗಗಳಾದರೂ ಅತ್ಯಂತ ಸೂಕ್ಷ್ಮಗಾತ್ರದವುಗಳೇ ಆಗಿದ್ದುವು. ಹೀಗಿದ್ದ ಬಳಿಕ ಪರಮಾಣುವಿನ ಕೇಂದ್ರ ಭಾಗವು—ಇಲ್ಲವೆ, ಬೀಜವು—ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪರಿಮಾಣದ್ದೇ ಇರಬೇಕು ಎನ್ನುವುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಯಿತು.

ಇದೇ ಅಲ್ಲದೆ ಇನ್ನೊಂದು ತರದ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ರುದರ್‌ಫೋರ್ಡನು ನಡೆಸಿದನು. ಇದನ್ನು ಹಿಂದೆಯೇ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿರುತ್ತೇವೆ. ವಿವಿಧ ಪರಮಾಣುಗಳ ಪದರಗಳನ್ನು ಲೋಹದ ಹಾಳೆಗಳಲ್ಲಿ ಆಲ್ಫಾ ಕಣಗಳು ದಾಟುವಾಗ ಇವುಗಳ ಬಾಗುವಿಕೆಯನ್ನಳೆದಾಗ, ಪರಮಾಣು ಕೇಂದ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ಸಂಚಯವು ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ, ತಕ್ಕಷ್ಟು ದ್ರವ್ಯ ರಾಶಿಯೂ ಇರಲೇಬೇಕೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟಗೊಂಡಿತು. ಇವನ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಈತನು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಅನುಮಾನಿಸಿದ ವಿಚಾರಗಳಿವು: ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿದಂತೆ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಗಾತ್ರದ



ಚಿತ್ರ ; ೭ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣು

ಕೇಂದ್ರವಿದೆ—ಬೀಜವಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ಎಲ್ಲಾ ತೂಕವೂ ಸಂಚಿತವಾಗಿದೆ. ಮಾತ್ರವಲ್ಲ, ಇದರಲ್ಲಿ ಒಂದಂಶದಷ್ಟು - ಒಂದು ಮಾನದಷ್ಟು—ಧನವಿದ್ಯುತ್ತಿದೆ. ಇನ್ನು ಇದರ ಸುತ್ತಲೂ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಪಡೆದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ತನ್ನ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರದ ಸುತ್ತಲೂ ಪರಿಭ್ರಮಿಸುತ್ತದೆ, ಉರುಳುತ್ತಾ ಉರುಳುತ್ತಾ ವೇಗವಾಗಿ ಮುಂದೆ ಸಾಗುತ್ತಲಿದೆ. ಇದರ ತೂಕವೋ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಜಲಜನಕದ ಬೀಜದ $\frac{1}{1840}$ರಷ್ಟು. ಇನ್ನು

ಪರಮಾಣುವಿನ ಗಾತ್ರದ ವಿಚಾರ : ಪರಮಾಣುವಿನ ಗೋಲೀಯ ತ್ರಿಜ್ಯವು ಸುಮಾರು 10^{-8} ಸೆ.ಮೀಟರು ($\frac{1}{100000000}$ ಸೆ. ಮೀ.) ಇರುತ್ತದೆ. ಇನ್ನು ಇದರೊಳಗೆ ಇರುವ ಬೀಜದ ತ್ರಿಜ್ಯವು ಮತ್ತೂ ಚಿಕ್ಕದು ಎಂದರೆ ಇದರ $\frac{1}{10000}$ ಪಾಲು ಇಲ್ಲವೆ 10^{-12} ಸೆ. ಮೀಟರ್. ಹೀಗೆಂದ ಬಳಿಕ ಪರಮಾಣು ಪ್ರಪಂಚವೆಲ್ಲವೂ ಶೂನ್ಯವೇ ಎಂದರೂ ತಪ್ಪಿಲ್ಲ. ಹೀಗಿಲ್ಲದೆ ಹೋದರೆ ಇಂಥ ಜಾಗದಲ್ಲಿ ಮಿಲಿಯುಗಟ್ಟಳೆ — ಮಿಲಿಯ ಮಿಲಿಯ — ಬೀಜಗಳಿರಬಹುದಿತ್ತು. ಅಂಥದೇನೂ ಕಾಣದೆ ಪರಮಾಣುವಿನ ಹೆಚ್ಚಿನ ಭಾಗವೆಲ್ಲವೂ ಜೊಳ್ಳಾಗಿದೆ. ಇತರ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳೂ ಇಂಥದೇ ರಚನೆಯನ್ನು ಪಡೆದಿವೆ ಎಂದು ರುದರ್‌ಫೋರ್ಡ್‌ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು.

ಜಲಜನಕದ ರಚನೆಯ ವಿವರ :

ಒಂದು ಆದರ್ಶಮಾನ (ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನಲ್ಲಿದ್ದಷ್ಟು) ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ಸಂಚಯವುಳ್ಳ ಜಲಜನಕದ ಬೀಜವನ್ನು ಪ್ರೋಟಾನ್ (proton) ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಪ್ರೋಟಾನ್ ಮತ್ತು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ತೂಕಗಳು 1840 : 1 ದಂತಿವೆ. ವಿದ್ಯುತ್ಸಂಚಯಗಳು 1 : 1 ದಂತಿದ್ದು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ನ್ನು ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ತಿದೆ, ಪ್ರೋಟಾನಿನಲ್ಲಿ ಧನವಿದ್ಯುತ್ತಿದೆ. ಹೀಗಿದ್ದ ಬಳಿಕ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣು ವಿದ್ಯುತ್ತಟಸ್ಥ (electrically neutral) ವಾಗಿದೆ. ಹೀಗೆಂದಬಳಿಕ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಒಂದು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಸೇರಿಸಿದಾಗ ಇದು ಋಣಾತ್ಮಕ ಅಯೋಣುವಾಗಿಯೂ (ion), ಇದರಿಂದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ತೆಗೆದಾಗ ಇದು ಧನಾತ್ಮಕ ಅಯೋಣುವಾಗಿಯೂ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಇಂಥ ಸ್ಥಿತಿಯೇನೂ ಸಾಮಾನ್ಯ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲ, ಅಪೂರ್ವ ಸ್ಥಿತಿಯೆಂಬುದನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಸ್ಪಷ್ಟ ನೆನಪಿಡಬೇಕು. ಇನ್ನು ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿನ ಧನವಿದ್ಯುತ್ತು, ಕೇಂದ್ರೇತರ ಭಾಗದ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಆಕರ್ಷಿಸುವುದಿಲ್ಲವೆ? ಇದನ್ನು ತಪ್ಪಿಸಬೇಕಾದರೆ ಈ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸಾಕಷ್ಟು ದೂರದಲ್ಲಿ ತಕ್ಕಷ್ಟು ವೇಗದಿಂದ ಧಾವಿಸುತ್ತಲಿರಬೇಕು, ಹಾಗೆ

ಧಾವಿಸುತ್ತಲಿರುವ ವೇಳೆ ಇದರ ವೇಗದ ಕೇಂದ್ರಾಪಗವು (centrifugal) ಬಲವು ಆಕರ್ಷಣೆಯ ಬಲಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗುತ್ತದೆ.

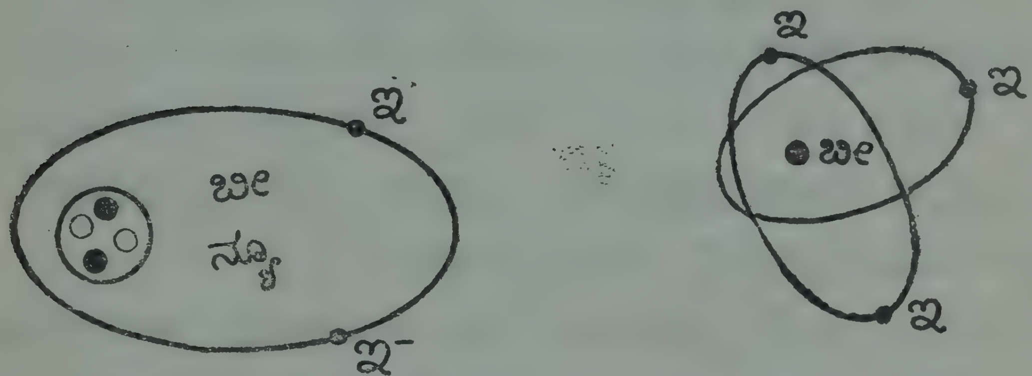
ಹೀಲಿಯಂ ಮತ್ತು ಲಿಥಿಯಂಗಳ ರಚನೆ :

ಜಲಜನಕ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯ ಚಿತ್ರವನ್ನು ನಿಮ್ಮ ಮುಂದಿರಿಸಿದೆವಷ್ಟೆ. ಜಲಜನಕದ ನಂತರ ಇರುವ ಸುಲಭ ರಚನೆಯ ಪರಮಾಣುಗಳೇ ಹೀಲಿಯಂ ಮತ್ತು ಲಿಥಿಯಂಗಳು. ತೂಕ ಪ್ರಕಾರ 2 ನೆಯ ಧಾತುವಾದ ಹೀಲಿಯಂನ ತೂಕವು ಜಲಜನಕದ ತೂಕದ ನಾಲ್ಕರಷ್ಟು. ಇದರ ಕೇಂದ್ರೇತರ ವಲಯದಲ್ಲಿ 2 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿವೆ. ಕೇಂದ್ರ(ಬೀಜ)ದಲ್ಲಿ ತೂಕ 4 ಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗುವಂತೆ 4 ಪ್ರೊಟಾನುಗಳಿರಬೇಕು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ 4 ಧನವಿದ್ಯುದಂಶಗಳಿವೆ. ನಿವ್ವಳವಾಗಿ 2 ಧನವಿದ್ಯುದಂಶಗಳು ಮಾತ್ರ ಇಲ್ಲಿರತಕ್ಕುದು. ಹೀಗಿರಬೇಕಾದರೆ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ 2 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿರತಕ್ಕುದು, ಹೀಗೆ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ನಿವ್ವಳವಾಗಿ 2 ಧನ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳೂ ಕೇಂದ್ರೇತರ ಭಾಗದಲ್ಲಿ 2 ಋಣವಿದ್ಯುದಂಶಗಳೂ ಇದ್ದು ಸಾಮಾನ್ಯ ಪರಮಾಣು ವಿದ್ಯುತ್ ತಟಸ್ಥವಾಗಿದೆ. ನಂತರ ಧಾತುವಾದ ಲಿಥಿಯಂನ ಪರಮಾಣುವಿನ ಬೀಜದಲ್ಲಿ 7 ಪ್ರೊಟಾನುಗಳೂ 4 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳೂ ಇದ್ದು ತೂಕವು ಜಲಜನಕಕ್ಕೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ 7, ನಿವ್ವಳವಿದ್ಯುದಂಶ + 2, ಇನ್ನು ಕೇಂದ್ರೇತರ ಭಾಗದಲ್ಲಿ 3 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಮೂರು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಹಿಂದಿನ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿದ್ದಂತೆ ಒಂದೇ ವಲಯದಲ್ಲಿರಲಾರವು. ಬದಲು 2 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಒಳವಲಯದಲ್ಲೂ, 1 ಹೊರವಲಯದಲ್ಲೂ ಇವೆ. ಹೀಗೆಯೇ ಮುಂದಿನ ಬೆರೀಲಿಯಂ, ಬೋರಾನ್, ಕಾರ್ಬನ್ ಮೊದಲಾದ ಧಾತುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಮತ್ತೂ ಮತ್ತೂ ಜಟಿಲವಾಗುತ್ತಾ ಹೋಗುವುದು.

ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ಅಂತರ್ರಚನೆ :

ರುದರ್‌ಫೋರ್ಡನ ಈ ಶೋಧದ ನಂತರ ಕೆಲವು ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ—

ಸುಮಾರು 1 ದಶಕದ ನಂತರ, ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಮತ್ತು ಪ್ರೋಟಾನುಗಳಷ್ಟೇ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿರಬಲ್ಲ, ಆದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ತಟಸ್ಥವಾಗಿರುವ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ (neutron) ಎಂಬ ಕಣವು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲ್ಪಟ್ಟಿತು. ಇದನ್ನು 1932 ರಲ್ಲಿ ಚಾಡ್ವಿಕ್ (chadwick) ಎಂಬಾತನು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಈ ಶೋಧ



ಚಿತ್ರ : ೮ ಹೀಲಿಯಂ, ಲಿಥಿಯಂಗಳ ಅಂತರ್ರಚನೆ

ವನ್ನಾಧರಿಸಿ ಪರಮಾಣುಗಳ ಅಂತರ್ರಚನೆಯು ಮತ್ತೂ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ವಿವರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತು. ಜಲಜನಕದ ಅಂತರ್ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಹಿಂದೆ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿದುದಕ್ಕಿಂತ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೇನೂ ಇಲ್ಲ. ಹೀಲಿಯಂನ ಕೇಂದ್ರೇತರ ಹೊರ ವಲಯದಲ್ಲಿ 2 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿವೆ. ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ 2 ಪ್ರೋಟಾನುಗಳೂ 2 ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳೂ ಇದ್ದು ವಿದ್ಯುದಂಶವು +3 ಮತ್ತು ತೂಕವು 4. ಇಂಥ ರಚನೆಯ ಕಾರಣ ಪರಮಾಣು ತಟಸ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ. ಎಂದರೆ, ಸಾಮಾನ್ಯ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ನಿವ್ವಳ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನೇನೂ ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಅನಂತರದ ಲಿಥಿಯಂ ಬೀಜದಲ್ಲಿ 3 ಪ್ರೋ.+4 ನ್ಯೂ. ಇದ್ದು ಕೇಂದ್ರೇತರ ಭಾಗದ ಮೊದಲಿನ ವಲಯದಲ್ಲಿ 2 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳೂ, ಎರಡನೆಯ ಅಂದರೆ ಮತ್ತೂ ಹೊರಗಿನ ವಲಯದಲ್ಲಿ 1 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನೂ ಇರುತ್ತವೆ. ಈ ಪರಮಾಣುವು ಕೂಡ ವಿದ್ಯುತ್ ತಟಸ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ. ಮತ್ತೂ ಮತ್ತೂ ಮುಂಬರಿದಂತೆ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ರಚನೆಯೂ ಕೇಂದ್ರೇತರ ಭಾಗದ ರಚನೆಯೂ ಸಂಕೀರ್ಣಗೊಳ್ಳುತ್ತಲೇ ಹೋಗುತ್ತವೆ. ಪರಮಾಣುವಿನ ಅಂತರ್ರಚನೆಯ ಇಂಥ ಚಿತ್ರವು ಇಂದು ಎಲ್ಲೆಡೆಗಳಲ್ಲೂ ಸ್ವೀಕೃತವಾಗಿದೆ. ಈ ಚಿಕ್ಕ ಗ್ರಂಥದಲ್ಲೇನೂ ಇದರ ವಿವರಗಳನ್ನು ಕೊಡಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಆದರೆ ಒಂದೆರಡು ಅವಶ್ಯ ವಿಚಾರಗಳನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಲೇಬೇಕು ಎನಿಸುತ್ತದೆ.

ಪ್ರತಿ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲೂ, ಅದರ ಅತ್ಯಂತ ಹೊರವಲಯುದಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿವೆಯೋ ಅಷ್ಟರಿಂದಲೇ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣವು ಸೂಚಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಅತ್ಯಂತ ಹೊರವಲಯದಲ್ಲಿನ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಪುನರ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿಂದಲೇ ರಾಸಾಯನಿಕ ಬದಲಾವಣೆಗಳು, ಜರುಗುತ್ತವೆ. ಅಥವಾ ಮತ್ತೂ ನಿಖರವಾಗಿ ಹೇಳುವುದಿದ್ದರೆ ರಾಸಾಯನಿಕ ಬದಲಾವಣೆಗಳಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸುವ ಘಟಕಗಳೇ ಈ ಅತ್ಯಂತ ಹೊರವಲಯದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು.

ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನೊಂದು ಒಂದು ವಲಯುದಲ್ಲೇ ಇರತಕ್ಕುದೆಂಬ ನಿಯುಮವೇನೂ ಇಲ್ಲ. ಇದು ಅಲ್ಲಿಂದ ಹೊರಗಿರುವ ಇನ್ನಾವುದಾದರೂ ವಲಯಕ್ಕಾಗಲಿ, ಇಲ್ಲವೆ ಒಳಗಿರುವ ವಲಯಕ್ಕಾಗಲಿ ಹಾರಬಲ್ಲುದು; ಹೀಗೆ ಹಾರುವಾಗಲೂ ಆ ಧಾತುವಿಗೆ ವಿಶಿಷ್ಟವೆನಿಸಿದ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣವೊಂದು ಹೀರಲ್ಪಡುತ್ತದೆ ಇಲ್ಲವೆ ಹೊರಹೊಮ್ಮುತ್ತದೆ. ಈ ಎರಡು ವಿಚಾರಗಳ ಪರಿಶೀಲನೆ, ಸಮರ್ಥನೆಗಳಲ್ಲಿ ಅಸಂಖ್ಯ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ದುಡಿದಿದ್ದಾರೆ. ಇವರೆಲ್ಲರ ಶ್ರಮದ ಫಲವಾಗಿ ಎಷ್ಟೋ ತಿಳಿದ ವಿಚಾರಗಳ ಕಾರಣವನ್ನರಿತುಕೊಳ್ಳಬಹುದಾಗಿದೆ. ನೀಲ್ಸ್‌ಬೋರ್ ಎಂಬವನು ಇಂಥ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಮುಖ.

ಪರಮಾಣ್ವಂಕ (Atomic Number)ಗಳು :

ಇಷ್ಟರತನಕ ಪರಮಾಣುಗಳ ತೂಕಗಳನ್ನು ಕುರಿತ ಸಾಮಾನ್ಯ ವಿಚಾರಗಳನ್ನು ಹೇಳಿಯಾಯಿತು. ಪರಮಾಣುಗಳ ನಾಮಕರಣಯಾದಿಯಲ್ಲಿ (ಪರಿಶಿಷ್ಟ) ಸಂಕೇತಗಳ ಬಲಮುಗ್ಗುಲಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಅಂಕಗಳನ್ನು ಬರೆಯಲಾಗಿದೆ. ಇವೇನು ? ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿನ ಗರ್ಭದಲ್ಲಿ —ಬೀಜದಲ್ಲಿ — ಎಷ್ಟು ಪ್ರೋಟಾನುಗಳಿವೆ ? ಇವುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯೇ ಆವರ್ತ ವರ್ಗೀಕರಣಯಾದಿಯಲ್ಲಿ ಆ ಪರಮಾಣುವಿನ ಸ್ಥಾನವನ್ನು

ನಿರ್ದೇಶಿಸುತ್ತದೆನ್ನಬಹುದು. ಇದೇ ಆ ಪರಮಾಣುವಿನ ಅಂಕ (Z). ಇನ್ನು ಬೀಜದಲ್ಲಿರುವ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ (N). $Z+N=A$, ಎಂದರೆ ಪರಮಾಣು ತೂಕ. ಕೇಂದ್ರೇತರ ಭಾಗದಲ್ಲಿ Z ಸಂಖ್ಯೆಯ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಒಂದೋ, ಎರಡೋ, ಅಥವಾ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ವಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಹಂಚಿ ಹೋಗಿರುತ್ತಾ ನಿವ್ವಳ ವಿದ್ಯುದಂಶವು $+Z-Z=0$, ಶೂನ್ಯವೆನಿಸುತ್ತದೆ, ಎಂದರೆ, ಸಾಮಾನ್ಯ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುವೊಂದು ವಿದ್ಯುತ್–ತಟಸ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ.

ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ವಿಚಾರಕ್ಕನುಸಾರವಾಗಿ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಸಾಂಕೇತಿಕವಾಗಿ ಬರೆಯಲು ಬರುತ್ತದೆ. ಸಂಕೇತದ ಒಂದು ಮಗ್ಗುಲಲ್ಲಿ ಅಂಕವೂ ಮತ್ತೊಂದು ಮಗ್ಗುಲಲ್ಲಿ ತೂಕವೂ ಬರೆಯಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಹೈಡ್ರೋಜನ್‌ನ ಸಂಕೇತವು $_1H^1$. H ಎಂಬುದು ಹೈಡ್ರೋಜನ್‌ನ ಸಂಕೇತ. ಎಡಮಗ್ಗುಲಿನ 1 ಅದರ ಅಂಕವನ್ನೂ ಬಲಮಗ್ಗುಲಿನ 1 ಅದರ ತೂಕವನ್ನೂ ನಿರ್ದೇಶಿಸುತ್ತವೆ. ಇನ್ನು ಹೀಲಿಯಂನ ಸಂಕೇತವು He. ಹೀಲಿಯಂನ ಅಂಕ 2, ತೂಕ 4, ಎಂತಲೇ $_2He^4$ ಎಂದು ಹೀಲಿಯಂನ್ನು ಸೂಚಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆಯೇ ಬರೆಯುತ್ತಾ ಯುರೇನಿಯಂನ್ನು $_{92}U^{238}$ ಎಂದು ಬರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಯುರೇನಿಯಂ ಧಾತುವಿನ ಪರಮಾಣುವೊಂದರಲ್ಲಿ 92 ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು ಗರ್ಭದಲ್ಲೂ 92 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಹೊರವಲಯಗಳಲ್ಲೂ ಇದ್ದು ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ 146 ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳಿವೆ. ಈ ಬೀಜವೋ ಹಿಂದೆ ಹೇಳಿದಂತೆ ಅಸ್ಥಿರವಿದ್ದು ಆಲ್ಫಾಕಣ ಮತ್ತು ಗಾಮಾ ಕಿರಣಗಳನ್ನೋ ಇಲ್ಲವೇ ಬೀಟಾಕಣ ಮತ್ತು ಗಾಮಾಕಿರಣಗಳನ್ನೋ ಕಕ್ಕುತ್ತಲಿರುತ್ತದೆ.

ಇದಿಷ್ಟು ಪರಮಾಣು ಪ್ರಪಂಚದ ಸ್ಥೂಲ ವಿವರ.

ಅಧ್ಯಾಯ ೩

ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ಸ್ಥಿರತೆ, ಅಸ್ಥಿರತೆ ಮತ್ತು ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು (ಐಸೋಟೋಪುಗಳು)

ಪುನಃ ಪರಮಾಣು ರಚನೆಯನ್ನು ಕುರಿತು :

ಪರಮಾಣುವಿನ ಹೊರ ಹಾಗೂ ಒಳರಚನೆಯನ್ನು ಕುರಿತು ಕಳೆದ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ನಾಲ್ಕು ಮಾತುಗಳನ್ನು ಹೇಳಿದೆವಷ್ಟೆ. ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಅದರ ಹೊರಮಿತಿಯ ನಿರ್ಣಯಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾದ ಕಣಗಳೇ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಗಳು. ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಬಹಳ ಕ್ಷುದ್ರವಾದ ಕಣ. ಇದರ ತೂಕವು $9 \cdot 108 \times 10^{-28}$ ಗ್ರಾಂ ಗಳಷ್ಟು. (ಇದರ ಅರ್ಥ $= 9.108 \div 10000000000000000000000000000$) 10 ಸಹಸ್ರ ಮಿಲಿಯಮಿಲಿಯ ಮಿಲಿಯ ಮಿಲಿಯ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಸುಮಾರು 9 ಗ್ರಾಂ ತೂಗುವುವು. ಪ್ರತಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನಲ್ಲೂ $1 \cdot 602 \div 10^{20}$ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಮಾನದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ಸಂಚಯವಿದೆ. ಇದೇನೋ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪರಿಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ಸಂಚಯ ವಾಗಿದ್ದರೂ, ಇದರ ಪೂರ್ಣಾಂಕಗಳಲ್ಲೇ ಇತರ ವಿದ್ಯುತ್ಸಂಚಯಗಳನ್ನಳೆ ಯಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಮೆ ಪರಿಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ತು ಇರಲಾರ ದೆಂಬುದನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಅವಶ್ಯ ನೆನೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಇನ್ನು ಈ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಬುಗುರಿಯಂತೆ ತನ್ನ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತಲೂ ಪರಿಭ್ರಮಿಸುತ್ತಾ, ಬಹಳ ವೇಗ ವಾಗಿ ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ಸುತ್ತಲೂ ಧಾವಿಸುತ್ತಲಿರುತ್ತದೆ. ಇಂಥ ಅಪಾರ ವೇಗದ ಕಾರಣದಿಂದಲೂ, ಅಲ್ಲದೆ ಈ ಕಣದ ತ್ರಿಜ್ಯವು 10^{-13} ಸೆ.ಮೀ. ಇರುವುದರಿಂದಲೂ ಇದನ್ನು ಎಂಥ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದ ಸಹಾಯ ದಿಂದಲೂ ಗುರುತಿಸಲಾರೆವು. ಇದು ಈ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ತನ್ನ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಇಂಥಲ್ಲೇ ಇದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಸಂಭಾವ್ಯತೆ (probability) ಯ ಗಣಿತ

ಪರಮಾಣು ಬೀಜ, ಬೀಜಕಣಗಳು

ಪರಮಾಣು ಬೀಜವು ಪ್ರತಿ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲೂ ಅತ್ಯಂತ ಸಾಂದ್ರವಾದ ಭಾಗ. ಈ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಅತ್ಯಪಾರವಾದುದು. ಸುಮಾರು ಘನ ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ಒಂದರ ಸಾಂದ್ರತೆ 10^{14} ಗ್ರಾಂ ಇರಬಹುದು. ಇನ್ನು ಇಲ್ಲಿನ ಕಣಗಳು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಗಿಂತಲೂ ಚಿಕ್ಕವು. ಸುಮಾರು ಇದು 10^{-13}ಸೆ.ಮೀ.ನ ಅಂದಾಜು ಇರಬಹುದು. ಆದರೇನು ? ಇದರ ತೂಕವು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ತೂಕದ 1840 ಪಾಲು ಇರುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಪ್ರೋಟಾನ್ ಕಣದ ತೂಕವು ಸುಮಾರು 1.673×10^{-24}ಗ್ರಾಂ. ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳೂ ಬೀಜಕಣಗಳಷ್ಟೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಯೊಂದರ ತೂಕವು ಪ್ರೋಟಾನಿಗಿಂತ ತುಸುವೇ ಹೆಚ್ಚು, ಎಂದರೆ 1.675×10^{-24} ಗ್ರಾಂ. ತೂಕವು ತುಸು ಹೆಚ್ಚಿಗೆ ಇದ್ದರೂ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಇದು ಪ್ರೋಟಾನಿಗೆ ಸಮನಾಗಿದೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಬೀಜಕಣಗಳೆಂದು ಸಾಮಾನ್ಯ ನಾಮಪದದಿಂದ ಕರೆಯಬಹುದು. ಪ್ರತಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ಬೀಜದಲ್ಲಿಯೂ ಇರಬಲ್ಲ ಸ್ವತಂತ್ರ ಮತ್ತು ಬಹಳ ಕಾಲ ಸ್ಥಿರವಾಗಿರಬಲ್ಲ ಕಣಗಳು ಇವೆರಡೂ. ಇನ್ನು ಹೀಗೆಯೇ ಹೊರಭಾಗವಲ್ಲಿನ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್. ಇವು ಮೂರು ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿನ ಮೂಲಕಣಗಳು.

ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಹೇಳಿರುವಂತೆ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಬೀಜೇತರ ವಲಯಗಳಿವೆ. ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆ ಅವು ಹೊರ ವಲಯಗಳನ್ನು ತುಂಬುತ್ತವೆ. ಅತ್ಯಂತ ಒಳಬಾಗದ K ವಲಯದಲ್ಲಿ 2 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು, ಎರಡನೆ ವಲಯವಾದ Lನಲ್ಲಿ 8 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು, ಮೂರನೆ Mನಲ್ಲಿ 18 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು .... ಒಟ್ಟು, ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಪರಮಾಣುವೊಂದರಲ್ಲಿ ಬೀಜದಲ್ಲಿ ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ — ಪರಮಾಣ್ವಂಶ Z — ಗೆ ಸಮನಾಗಿವೆ. ಬೀಜದಲ್ಲಿ N ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳಿದ್ದರೆ, $N+Z =$ ಪರಮಾಣು ತೂಕ A ಎಂಬುದನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಪುನಃ ಸ್ಮರಿಸಬಹುದು.

ಪ್ರೋಟಾನ್ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳೆರಡೂ ಸುಮಾರು ಜಲ

ಜನಕದ ಬೀಜಗಳಷ್ಟೇ ತೂಕದವುಗಳು ಎಂದುಕೊಂಡಾಗ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳೆಲ್ಲವೂ ಹೈಡ್ರೋಜನ್‌ನ ಪರಮಾಣು ತೂಕದ ಪೂರ್ಣಾಂಕ ಗಳಷ್ಟೇ ತೂಗತಕ್ಕುವಲ್ಲವೇ ? ಇವುಗಳ ದಶಮಾಂಶದ ಭಾಗವಿರಲೇ ಬಾರದು. ಆದರೆ ನಿಜಸ್ಥಿತಿಯು ಹೀಗಲ್ಲವೆಂಬುದನ್ನು ಪರಿಶಿಷ್ಟ 1ರಲ್ಲಿ ಕಾಣುವಿರಿ. ಇದೇತಕ್ಕೆ ?

ಬೀಜಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಬೀಜತೂಕಗಳು

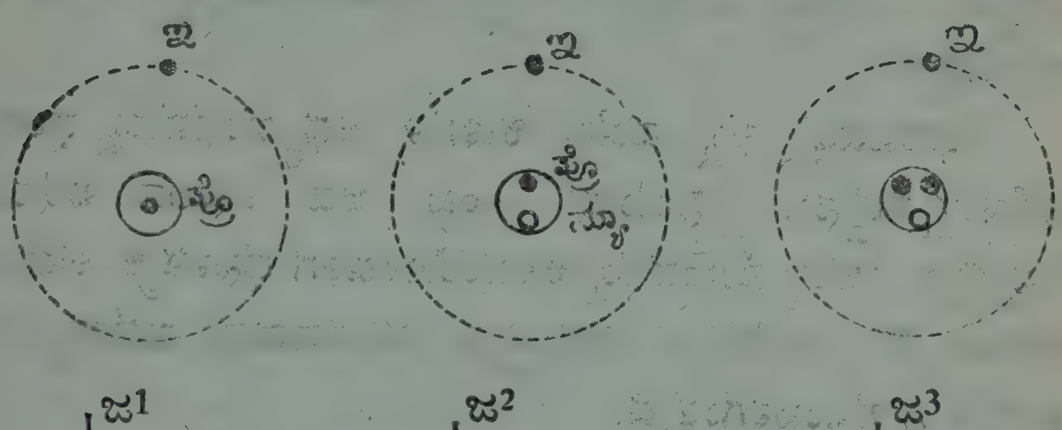
ಪರಮಾಣು ಬೀಜವೊಂದರ ಅಲ್ಪ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಾದರೋ ಕಣಗಳು ಪರಸ್ಪರ 10^{-13} ಸೆ.ಮೀ ಗಿಂತಲೂ ಹತ್ತಿರವಿರುತ್ತವೆ. ಇಷ್ಟೇ ದೂರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಣವು ಮತ್ತೊಂದನ್ನು ಪ್ರಬಲವಾಗಿ ಆಕರ್ಷಿಸಿ ಹಿಡಿದಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಬಲದ ನಿಜಸ್ವರೂಪವೆಂತಹುದು ? ಇದು ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವೂ ಅಲ್ಲ, ಗುರುತ್ವಬಲವೂ ಅಲ್ಲ; ಇದರ ಧರ್ಮವೇ — ಲಕ್ಷಣವೇ — ಪ್ರತ್ಯೇಕ ವಾಗಿದೆ. ಹೀಗಿದ್ದ ಬಳಿಕ ಪರಸ್ಪರ ಸಮೀಪವಾಗಿರುವ ಈ ಕಣಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲು ಬಹಳ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಬೇಕು. ಅಂದರೆ ಅಪಾರ ಶಕ್ತಿಯು ವಿನಿಮಯವಾಗಲೇಬೇಕು. ಈ ಶಕ್ತಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನ ಸಾಪೇಕ್ಷ ವಾದದ ಮೇರೆಗೆ ಒಂದಷ್ಟು ತೂಕಕ್ಕೆ ಸಮವಿದ್ದು ಅಷ್ಟೇ ತೂಕದ ಕೊರತೆಯು ಬೀಜತೂಕದಲ್ಲಿ ಕಾಣಿಸಬೇಕು, ಅಂದರೆ ಬೀಜದ ತೂಕವು ಜಲಜನಕದ ತೂಕಕ್ಕೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಪೂರ್ಣಾಂಕವಾಗಿರದೆ, ಭಿನ್ನಯುಕ್ತ ವಾಗಿರಲೇಬೇಕು. ಒಂದೇ ಉದಾಹರಣೆಯನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸುವ :

ಲಿಥಿಯಂನ ಪರಮಾಣು ತೂಕವು 7 ·01818 ಪ.ಮಾನ. ಇದ ರಲ್ಲಿ 3 ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು 3 . 02277 ಪ. ಮಾನ ತೂಕದವು ಮತ್ತು 4 ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು 4 . 03592 ಪ.ಮಾನ ತೂಕದವು. ಇವೆರಡು ವರ್ಗದ ಕಣಗಳು ಕೂಡಿದಾಗ 7 . 05869 ತೂಕದ ಬೀಜವಾಗಬೇಕು, ಎಂದರೆ ನಿಜವಾಗಿ . 041 ಪರಮಾಣು ಮಾನ ತೂಕದಷ್ಟು ಕೊರತೆಯು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಪ್ರತಿ ಪರಮಾಣು ಮಾನ ತೂಕವು 14.94×10^{-4} ಅದರ ಶಕ್ತಿ, ಇಲ್ಲವೇ 931 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಗೆ ಸಮ. ಹೀಗೆಂದ

ಬಳಿಕ ಲಿಥಿಯಂ ಬೀಜದಲ್ಲಿ .041 × 931 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯು ಆಯಾಯಾ ಕಣಗಳ ಬಂಧನಕ್ಕೆ ವ್ಯಯವಾಗಿದೆ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ ಪರಮಾಣುವಿನ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಪಂಚದ ವಿವಿಧ ಕಾರ್ಯ ಕಲಾಪಗಳಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ, ಎಂದೂ ಪರಮಾಣು ತೂಕಗಳ ನಿತ್ಯತ್ವ ನಿಯಮವು ಕಂಡುಬಾರದು. ಇಲ್ಲಿ ವಿನಿಮಯವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯ ತೂಕದಲ್ಲಿನ ಹ್ರಾಸವೂ ಇಲ್ಲವೆ ಶಕ್ತಿಯ ವಿನಿಯೋಗದಿಂದ ತೂಕದ ಹೆಚ್ಚಳವೂ ಒದಗಬಹುದು. ಇವೆಲ್ಲ ವಿಚಾರಗಳಿಂದ ಪರಮಾಣುವಿನ ಬೀಜಪ್ರಪಂಚವು ಸಂಕೀರ್ಣವೂ ಕೌತುಕಪ್ರದವೂ ಆಗಿದೆ.

ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು (ಐಸೋಟೋಪುಗಳು)

ಅತ್ಯಂತ ಹಗುರವಾದ ಪರಮಾಣುವೇ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣು. ಈ ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಗಮನಿಸಿರಿ. ಇಲ್ಲಿ ಮೂರು ಬಗೆಯ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇವು ಮೂರರಲ್ಲೂ ಹೊರವಲಯ



$_1$ಜ^1 $_1$ಜ^2 $_1$ಜ^3

ಚಿತ್ರ : ೯ ಜಲಜನಕದ ಮೂರು ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು

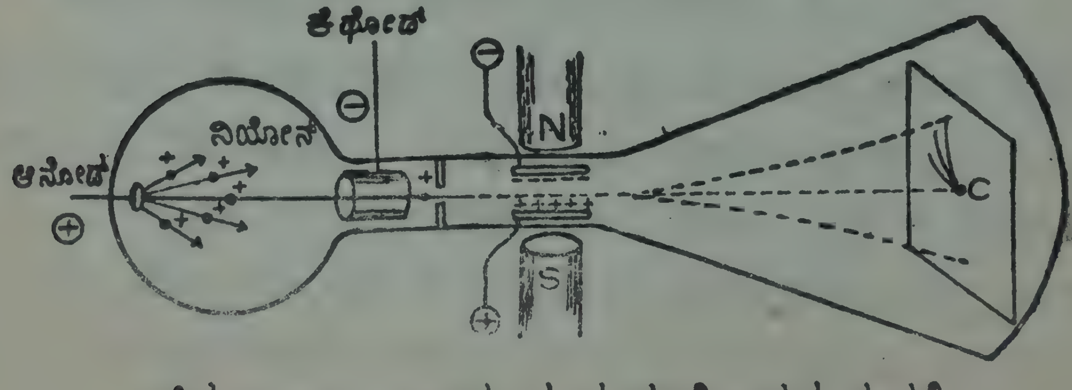
ದಲ್ಲಿನ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಒಂದು. ಆದುದರಿಂದ ಇವು ಮೂರರ ರಾಸಾಯನಿಕ ಲಕ್ಷಣಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಮೊದಲನೆಯದರ ಬೀಜದಲ್ಲಿ 1 ಪ್ರೊ ಮಾತ್ರ, ಎರಡನೆಯದರಲ್ಲಿ 1 ಪ್ರೊ + 1ನ್ಯೂ. ಮತ್ತು ಮೂರನೆಯದರಲ್ಲಿ 1 ಪ್ರೊ+ 2 ನ್ಯೂ ಇರುತ್ತವೆ. ಮೂರೂ ಬೀಜಗಳು ವಿದ್ಯುತ್‌ತಟಸ್ಥವಾಗಿವೆ. ಈ ಮೂರು ಬೀಜಗಳ ತೂಕಗಳು ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ 1 : 2 : 3 ರ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿವೆ. ಇವು ಮೂರೂ

ಜಲಜನಕದ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು(ಆವರ್ತ ಯಾದಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿರುವುವು). ಇನ್ನು ಹೀಲಿಯಂನಲ್ಲೂ $_2He^3$, $_2He^4$. $_2He^5$ ಎಂಬ ಮೂರು ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳಿವೆ. ಇನ್ನು ಮುಂದಿನ ಲಿಥಿಯಂ ಪರಮಾಣು 4 ರೂಪಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಣಿಸುತ್ತದೆ $_3$ಲಿ^{6}, $_3$ಲಿ^{7}, $_3$ಲಿ^{8}, $_3$ಲಿ^{9}. ಇವುಗಳಲ್ಲೆಲ್ಲ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೆಂದರೆ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಎಂಬುದನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಗ್ರಹಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಥಾಮ್ಸನ್ನನ ಪ್ರಯೋಗ

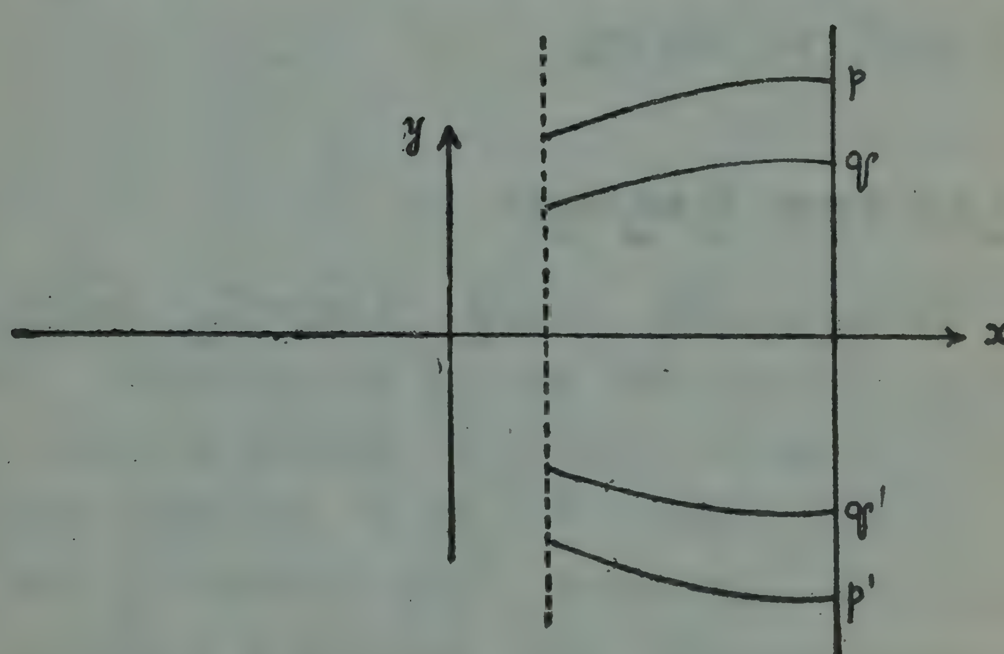
ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಸುಮಾರು ಕ್ರಿ. ಶ. 1911ರಲ್ಲಿ ಮೊತ್ತ ಮೊದಲು ಜೆ.ಜೆ. ಥಾಮ್ಸನ್ ಗುರುತಿಸಿದನು ಆದರೆ ಇವನ್ನು ಹೀಗೆ ನಾಮಕರಣ ಮಾಡಿ ಕರೆದವನು ಫ್ರೆಡರಿಕ್ ಸಾಡಿ. ಮುಂದೆ ಇಂಥ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಿದವರಲ್ಲಿ ಮೊದಲಿಗನು ಆಸ್ಟನ್. ಇವರ ಯತ್ನಗಳ ಸ್ಥೂಲಪರಿಚಯವನ್ನಷ್ಟೇ ಕೆಳಗೆ ಕೊಡಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಧನವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಪಡೆದ ಕಣಗಳ ಅಧ್ಯಯನವನ್ನು ಥಾಮ್ಸನ್ ನಡೆಸುತ್ತಲಿದ್ದನು. ನಿಯನ್ ಎಂಬ ಜಡ ಅನಿಲದ ಪರಮಾಣು ತನ್ನಲ್ಲಿನ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನೊಂದನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡಾಗ ಧನಾತ್ಮಕ ಅಯೋಣುವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಪರಿಮಾಣವು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ತಿಗೆ ಸಮವಾಗುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ : ೧೦ ಥಾಮ್ಸನ್ನನ ಪ್ರಯೋಗದ ವ್ಯವಸ್ಥೆ

ಕೆಥೋಡ್ ಕಿರಣಗಳ ನಳಿಕೆಯೊಂದರಲ್ಲಿ ಕೆಥೋಡ್ ಕಿರಣಗಳ ಸರಿವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಧನಾತ್ಮಕ ಕಣಗಳು ನಿಯೋನಿನ ಅಯೋಣುಗಳು ಚಲಿಸುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ಸಾಂದ್ರವೊಂದನ್ನು ವೈದ್ಯುತ ಮತ್ತು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ನಡುವೆ ಹಾಯಿಸಿದಾಗ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಸ್ಥಾವರ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಧನಾತ್ಮಕ ಕಣಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರದ (ಕಾಗದದ) ತಳದಲ್ಲೂ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವು ಕಾಗದದ ತಳಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿಯೂ ಆಕರ್ಷಿಸುವ ಕಾರಣ ಕಣಗಳು ಋಜು ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಕ್ರಮಿಸದೆ ಬಗ್ಗುತ್ತ ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ ತೋರಿದ ಛಾಯಾ ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಪರವಲಯ (Parabolae) ಮಾರ್ಗಗಳಲ್ಲಿ ಬಂದು ಎರಗುವುವು. ಈ ಎರಡು ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಬಲಗಳನ್ನು ಸ್ಥಿರವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಕಣಗಳ ವೇಗವು ಎಷ್ಟೇ ಇದ್ದರೂ $\frac{e}{m}$ನ ಬೆಲೆ ಸ್ಥಿರವಾಗಿರುವ ಎಲ್ಲ ಅಯೋಣುಗಳೂ ಒಂದೇ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ—ಪರವಲಯದಲ್ಲಿ—ಚಲಿಸುತ್ತಾ ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಬಂದೆರಗುವುವು. ವೇಗವು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾದಂತೆ $\frac{e}{m}$ನ ಬೆಲೆ ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿರುವಂಥ ಎಲ್ಲ ಕಣಗಳು ಒಂದೆಡೆ ಕಲೆತರೆ, $\frac{e}{m}$ ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾದಂತೆ, ಅಂದರೆ mನ ಬೆಲೆಯು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಮೆಯಾದಂತೆ ಇವು ಬಂದೆರ



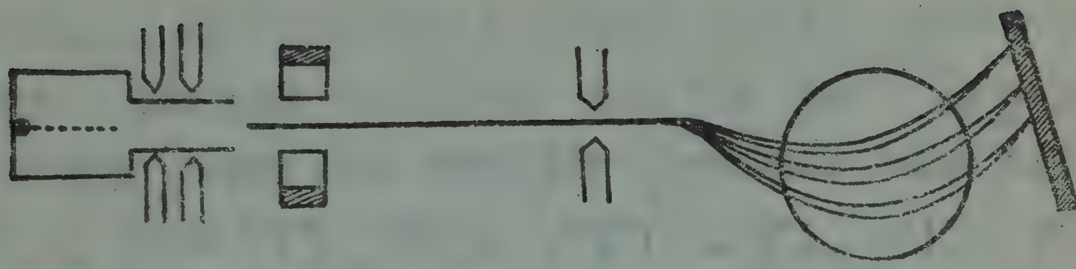
ಚಿತ್ರ : ೧೧ ನಿಯೋನಿನ ೨ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳಿಗನುಸಾರವಾದ ಪರಮಾಣು

ಗುವ ಜಾಗವೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿದಂತೆ ಅತ್ಯಂತ ಹಗುರವಾದ ಕಣಗಳು x ಅಕ್ಷದಿಂದ ಬಹಳ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲೂ, ಅತಿಭಾರ ವಾದ ಕಣಗಳು ಅದಕ್ಕೆ ಸಮೀಪವಾಗಿಯೂ ಬಂದೆರಗುವುವು. ಇಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗದ ನಡುವೆ ಸರಿವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದಾಗ ಇಂಥ ಕಣಗಳ ಪಥಗಳು x ಅಕ್ಷದ ಕೆಳಭಾಗದಲ್ಲಿ, x ಅಕ್ಷವು ಸಮಸಂಗತ್ಯಕ್ಷವಾಗಿರುವಂತೆ ಬಂದೆರಗುವುವು. y ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಸಮಾ ನಾಂತರವಾಗಿ ಈ ಪರವಲಯುಗಳನ್ನು ಕಡಿಯುವಂತೆ pqp^1q^1 ರೇಖೆ ಗಳನ್ನೆಳೆದರೆ, ಆಗ $\left(\frac{pp^1}{pq^1}\right)^2=\frac{m^2}{m^1}$ ಎಂದರೆ ಈ ರೇಖೆಯ ತಿರ್ಯಗಂಶ ಗಳನ್ನಳೆದು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ತೂಕವುಳ್ಳ ಕಣಗಳ ತೂಕಗಳನ್ನು—ತೂಕಗಳ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನಳೆಯಬಹುದು. ಇದರ ಗಣಿತದಂಶವನ್ನು ಕೊಡುವುದು ಇಲ್ಲಿ ಅನಗತ್ಯವೇ. ಥಾಮ್ಸನ್ನನ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಸ್ಪಷ್ಟವಾದ ಪರವಲಯುಗಳು ಕಂಡುಬಂದುವು. ಆದರೆ ಹೆಚ್ಚು ತೂಕಕ್ಕನುಗುಣ ವಾದ ಪರವಲಯುವು ಅಸ್ಪಷ್ಟವೇ ಇದ್ದಿತ್ತು. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾದರೋ ತೂಕ 22ರ ನಿಯೋನ್ ತೂಕ 20ರ ನಿಯೋನ್‌ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಇರು ವುದು ಅಲ್ಲದೆ, ಇನ್ನೇನೂ ಅಲ್ಲ.

ಆಸ್ಟನಿನ ಮಾಸ್ ಸ್ಪೆಕ್ಟ್ರೊಗ್ರಾಫ್

ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳ ಸಾಪೇಕ್ಷ ತೂಕಗಳನ್ನು ನಿರ್ಣಯಿಸಲು ಥಾಮ್ಸನ್ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ವಿಧಾನವು ಮೊದಲನೆಯದು. ಮುಂದೆ ಸುಮಾರು 9 ವರ್ಷಗಳ ನಂತರ ಆಸ್ಟನ್, 1910ರಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣು ತೂಕ ಗಳ ನಿರ್ಣಯಕ್ಕಾಗಿ ಮಾಸ್ ಸ್ಪೆಕ್ಟ್ರೊಗ್ರಾಫ್ ಪರಮಾಣು ಜಡತ್ವಾನು ಗುಣ ವಿಕಿರಣ ಲೇಖಕ (ದರ್ಶಕ)—ವೆಂಬ ಉಪಕರಣವನ್ನು ರಚಿಸಿ ಇಂಥ ನಿರ್ಣಯುಗಳ ವಿಧಾನವನ್ನು ಮತ್ತೂ ನಿಖರವನ್ನಾಗಿ ಮಾಡಿದನು.

ಈ ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ ಧನಾತ್ಮಕ ಅಯೋಣುಗಳ ದಟ್ಟವಾದ ಕಾಷ್ಟ ವೊಂದು ಚಿಕ್ಕ ನಿಡುಗಂಡಿಗಳ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುತ್ತಾ ವಿದ್ಯುತ್ಸಾಂದ್ರಕದ



ಚಿತ್ರ : ೧೨ 'ಮಾಸ್ ಸ್ಪೆಕ್ಟ್ರಾಗ್ರಾಫ್'

ಮೂಲಕ ಮತ್ತು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಹಾದು ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತದೆ; ಕೊನೆಗೆ ತನ್ನ ಪದಕ್ಕೆ ಇದಿರಾಗಿರಿಸಿದ ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಇಲ್ಲವೆ ಪ್ರತಿದೀಪ್ತಿಕಾರಕ ಪರದೆಯ ಮೇಲೆ ಬಂದೆರಗುತ್ತದೆ. ಪ್ರತ್ಯೇಕ ತೂಕವುಳ್ಳ ಕಣಗಳು ವಿವಿಧ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತ ತಮ್ಮ ತಮ್ಮ ವೇಗಗಳು ಹೇಗೇ ಇರಲಿ, ಅದನ್ನು ಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳದೆ ಕೇವಲ ತಮ್ಮ ತಮ್ಮ ತೂಕಾನುಗುಣವಾಗಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿ ಬಂದೆರಗುವುವು. ಇದನ್ನು ಗಮನಿಸಿ ತಕ್ಕಂತೆ ಗುಣಿಸಿಕೊಂಡು ವಿವಿಧ ಕಣಗಳನ್ನು ತೂಕ ಮಾಡಲಾಗುವುದು.

ವಿವಿಧ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು

ಹಿಂದೆ ಹೈಡ್ರೋಜನ್, ಹೀಲಿಯಂ ಮತ್ತು ಲಿಥಿಯಂಗಳ ವಿವಿಧ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಲಾಗಿದೆ. ಹೈಡ್ರೋಜನ್‌ನ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು, H^1, H^2, H^3 ಮತ್ತು ಹೀಲಿಯಂನ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು $_2He^3$, $_2He^4$ ಮತ್ತು $_2He^5$ಗಳು. ಲಿಥಿಯಂನ ನಾಲ್ಕು ಸ್ಪಷ್ಟ ರೂಪಗಳು $_3Li^6$, $_3Li^7$, $_3Li^8$ ಮತ್ತು $_3Li^9$.

ಆಕ್ಸಿಜನ್ನಿನ ಮೂರು ರೂಪಗಳಿವೆ. $_8O^{16}$, $_8O^{17}$ ಮತ್ತು $_8O^{18}$. ಇವುಗಳಲ್ಲೆಲ್ಲ ಕೇಂದ್ರೇತರ ಭಾಗದಲ್ಲಿ 8 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೂ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ (8 ಪ್ರೊ.+8 ನ್ಯೂ.), (8 ಪ್ರೊ+9 ನ್ಯೂ.) ಮತ್ತು 8 ಪ್ರೊ.+10 ನ್ಯೂ.)ಗಳ ರಚನೆಗಳಿರುತ್ತವೆ.

ಕ್ಲೋರಿನ್ ಧಾತುವಿನಲ್ಲಿ ಸ್ಪಷ್ಟವಾದ 2 ರೂಪಗಳಿವೆ. $_{17}Cl^{35}$ ಮತ್ತು $_{17}Cl^{37}$. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ 17 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೂ 17 ಪ್ರೊಟಾನ್

ಗಳೂ ಮತ್ತು ಇವೆರಡೂ ರೂಪದಲ್ಲಿ 18 ಮತ್ತು 20 ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳೂ ಇರುತ್ತವೆ. ಇವು ಸ್ಪಷ್ಟವಾದ ವಿಪುಲವಾದ ರೂಪಗಳು. ಇನ್ನೂ ನಾಲ್ಕು ಇತರ ರೂಪಗಳಿದ್ದು ಕ್ಲೋರಿನಿನ ಆರು ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳಿವೆ. ಇವು $_{17}Cl^{33}$, $_{17}Cl^{34}$, $_{17}Cl^{35}$, $_{17}Cl^{36}$, $_{17}Cl^{37}$ ಮತ್ತು $_{17}Cl^{38}$.

ಇದರಂತೆಯೇ ವಿವಿಧ ಧಾತುಗಳ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸಿದರೆ ಸುಮಾರು 102 ಪರಮಾಣುಗಳು, 1400 ಕ್ಕೂ ಮಿಕ್ಕಿದ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿನ ಬೀಜಕಣಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಚಿತ್ರಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ.

ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳ ಸಾಪೇಕ್ಷ ವೈಪುಲ್ಯ (Relative abundance)

ಇಷ್ಟೆಂದ ಮಾತ್ರಕ್ಕೆ ಇವೆಲ್ಲ ಧಾತುರೂಪಗಳು ಇಲ್ಲವೆ ಬೀಜರೂಪಗಳು ಹೇರಳವಾಗಿರುವಂತೆಯೇ ಸ್ಥಿರವಾಗಿರುವುವೆಂತಲೂ ಭಾವಿಸಲಾಗದು. ಈ ಮಾತನ್ನು ಅವಶ್ಯ ಇಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ವಿವರಿಸಬೇಕಾಗಬಹುದು.

ಜಲಜನಕ ಇಲ್ಲವೆ ಹೈಡ್ರೋಜನ್ 3 ರೂಪಗಳಲ್ಲಿದೆ. ಇವು $_1H^1$, $_1H^2$ ಮತ್ತು $_1H^3$. ಈ ಮೂರು ರೂಪಗಳ ಬೀಜಗಳನ್ನು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ ಪ್ರೊಟಾನ್, ಡ್ಯೂಟೆರಾನ್ ಮತ್ತು ಟ್ರೈಟಾನ್ ಎಂದೂ, ವಿವರವಾಗಿ ಸಂಕೇತಗಳಲ್ಲಿ ಬರೆಯ ಬೇಕಾದರೆ $_1H_0^1$ (ಎಡಮಗ್ಗುಲಿನ, ಅಂಕ, ಬಲಮಗ್ಗುಲಿನ ಮೇಲ್ಭಾಗದ ಅಂಕೆ ತೂಕ ಮತ್ತು ಬಲಮಗ್ಗುಲಿನ ಕೆಳಭಾಗದ ಸಂಖ್ಯೆ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ) $_1H_1^2$ ಮತ್ತು $_1H_1^3$ ಎಂದೂ ಬರೆಯುಬಹುದು. ಸುಮಾರು 7000 ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದರಂತೆ ಭಾರತರ ಹೈಡ್ರೋಜನ್ (ಡ್ಯೂಟೇರಿಯಂ Deuterium) ಪರಮಾಣುವೂ ಪ್ರತಿ ಮಿಲಿಯ, ಮಿಲಿಯ, ಮಿಲಿಯ ಧಾತುಗಳಿಗೊಂದರಂತೆ ಟ್ರೈಟಿಯಮ್ (Tritium) ಧಾತುವೂ ನಿಸರ್ಗದಲ್ಲಿ ಕಾಣಸಿಗುತ್ತಲಿವೆ. ಹೀಗೆಂದ ಬಳಿಕ ಈ ಎರಡು ರೂಪಗಳೂ ವಿರಳವಾಗಿವೆಯೆಂದು ಹೇಳುವ ಅವಶ್ಯವಿದೆಯೆ? ಇದರಿಂದಲೇ ಹೈಡ್ರೋಜನ್‌ನ ಸರಾಸರಿ

ತೂಕವು 1. ಇನ್ನು ಆಕ್ಸಿಜನ್ನಿನ ಪರಮಾಣು ತೂಕ 16·000 ಕ್ಕೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಈ ತೂಕವು 1·00813 ನಿಖರವಾದ ಬೆಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಅವಶ್ಯವಲ್ಲವಾದರೂ ಡ್ಯೂಟೇರಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಲೆಕ್ಕಿಸಿ ನಿರ್ಣಯಿಸಿದಾಗ ಹೈಡ್ರೋಜನ್‌ನ ಪರಮಾಣು ತೂಕದ ಸರಾಸರಿ ಬೆಲೆಯು $(7000 \times 1{\cdot}00813 + 2{\cdot}01472) \div 7001$ ವಿಗೆ ಸಮನಾಗಿದೆ. ಇದು ಭಿನ್ನಾಂಶಯುಕ್ತವಾಗಿದೆ, ಪೂರ್ಣಾಂಕವಲ್ಲ ಎಂಬುದು ಇಲ್ಲಿ ಗಮನಿಸುವ ಅಂಶ. ಹೈಡ್ರೋಜನ್ನಿನ ಪರಮಾಣು ತೂಕದ ಪೂರ್ಣಾಂಕಾಪವರ್ತ್ಯಗಳೂ ಇವು ಅಲ್ಲ ಎಂಬುದನ್ನು ಮರೆಯಬಾರದು. ಒಂದು ಧಾತುವಿನ ಯಾವ ರೂಪವು ಎಷ್ಟಿದೆ, ಯಾವುದು ಕಡಮೆ ಇದೆ, ಯಾವುದು ಹೆಚ್ಚಿಗೆ ಎಂಬ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರದಿಂದ ನಾವು ಆ ಧಾತುವಿನ ಪರಮಾಣು ತೂಕದ ಸರಾಸರಿ ಬೆಲೆಯನ್ನು ನಿರ್ಣಯಿಸುತ್ತೇವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ $_{17}Cl_{18}{}^{35}$ ಎಂಬ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯವು 75·4% ರಷ್ಟು ಮತ್ತು $_{17}Cl_{20}{}^{37}$ ಎಂಬುದು 24·6% ರಷ್ಟು. ಉಳಿದುದೆಲ್ಲವನ್ನು ಲೆಕ್ಕಿಸದಿದ್ದರೂ ಇದರ ಸರಾಸರಿ ತೂಕವನ್ನು ನಿರ್ಣಯಿಸಬಹುದು. ಇದೇ ಮಾತು ಉಳಿದೆಲ್ಲ ಧಾತುಗಳಿಗೂ, ಪೊಟಾಶಿಯಂ, ಕ್ಯಾಲ್ಸಿಯಂ ಧಾತುಗಳ ವಿವಿಧ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ. ಪೊಟಾಶಿಯಂನಲ್ಲಿ $_{19}K_{10}{}^{39}$ ಎಂಬುದು 93·44% ರಷ್ಟೂ $_{19}K_{22}{}^{41}$ ಎಂಬುದು 6.55% ರಷ್ಟೂ ಇದ್ದು ಉಳಿದ ·01% ರಷ್ಟು $_{19}K_{19}{}^{38}$, $_{19}K_{21}{}^{40}$, $_{19}K_{21}{}^{42}$, $_{19}K_{24}{}^{43}$ ಮತ್ತು $_{19}K_{25}{}^{44}$ ರೂಪದಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಕ್ಯಾಲ್ಸಿಯಂನ ಹತ್ತು ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳಲ್ಲಿ $_{20}Ca_{20}{}^{40}$ $_{20}Ca_{24}{}^{44}$ ಮತ್ತು $_{20}Ca_{22}{}^{42}$ ಎಂಬ ರೂಪಗಳು ಸೇಕಡಾ 96·98 ರಷ್ಟಿದ್ದು ಉಳಿದ ರೂಪಗಳು ವಿರಳವಾಗಿವೆ.

ಸ್ಥಿರತೆ ಅಸ್ಥಿರತೆ

ಇನ್ನು ಸ್ಥಿರತೆಯ ವಿಚಾರ. ಮೇಲೆ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿದ ಟ್ರೈಟಿಯಂ ಎಂಬ ಹೈಡ್ರೋಜನ್ನಿನ ಧಾತುರೂಪವು ಅಸ್ಥಿರವಾದುದಲ್ಲ. ಇದು ಅಪೂರ್ವವಾಗಿದೆ. ಇದೆಲ್ಲೋ ಸುಮಾರು ಮಿಲಿಯ, ಮಿಲಿಯ, ಮಿಲಿಯ

ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಧಾತುಗಳಿಗೊಂದರಂತೆ ಕಾಣಸಿಗುತ್ತದೆ. ಇಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಇದು ರೇಡಿಯಂ, ಯುರೇನಿಯಂ ಧಾತುಗಳು ತೋರುವಂಥ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾ ಗುಣವನ್ನೂ ತೋರುತ್ತದೆ. ತನ್ನ ಬೀಜದಿಂದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ತಳ್ಳುತ್ತ ಇದರ ಬೀಜವು ಹೀಲಿಯಂನ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ${}_1H^3 \rightarrow {}_{-1}e^0 + {}_2He^3$ ಅಂದರೆ ಬಲಮಗ್ಗುಲಲ್ಲಿ ಮೊದಲನೇ ಪದವು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನೂ ಎರಡನೇ ಪದವು ಹೀಲಿಯಂನ ರೂಪವನ್ನೂ ಸೂಚಿಸುತ್ತವೆ. ಹಾಗಾದರೆ ಟ್ರೈಟಿಯಂ ಸ್ಥಿರವಲ್ಲ. ಹೀಗೆಯೇ ಅನೇಕ ಧಾತುರೂಪಗಳು ಅಸ್ಥಿರವಾಗಿವೆ, ಅನೇಕ ರೂಪಗಳು ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ತೋರುತ್ತವೆ. ವಿವರಗಳನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸುವ ಮುಂಚೆ ಇನ್ನೊಂದು ತರದ ಪರಿವರ್ತನೆಯನ್ನು ನಾವು ಗಮನಿಸಬೇಕು.

ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ಪರಿವರ್ತನೆ

ನ್ಯೂಟ್ರಾನೊಂದು ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ಹೊರಗೆ ಇದ್ದಾಗ ಸ್ಥಿರವಾಗಿರದು. ಇದು ${}_0n^1 \leftarrow {}_{-1}e^0 + {}_1p^1$ ಎಂಬಂತೆ, ಅಂದರೆ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಒಂದು + ಪ್ರೋಟಾನ್ ಒಂದು ಹೀಗೆ ರೂಪಾಂತರ ಹೊಂದುವುದು. ಇಂಥ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯೆಯ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು (half life) 13 ನಿಮಿಷಗಳಷ್ಟು. ಹೀಗೆಂದರೇನು ? ಸುಮಾರು256 ನೂಟ್ರಾನುಗಳಿವೆ ಎಂದು ಗ್ರಹಿಸಿರಿ. ಇನ್ನು 13 ನಿಮಿಷಗಳಲ್ಲಿ ಇವುಗಳು ತಮ್ಮಲ್ಲಿ 128 ನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡಿರುತ್ತವೆ, 128 ಪ್ರೊಟಾನುಗಳು ಲಭಿಸಿರುತ್ತವೆ. ಪುನಃ 13 ನಿಮಿಷಗಳಲ್ಲಿ 64 ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು ರೂಪಾಂತರ ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಹೀಗೆಯೇ ಈ ಕಾರ್ಯ ಮುದರಿಯುತ್ತದೆ. ಕೆಳಗಿನ ಪಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಈ ಕ್ರಿಯೆಯು ಹೇಗೆ ಜರಗುತ್ತದೆಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿರಿ.

ಸಮಯ	0	13 ನಿ	26 ನಿ	39 ನಿ	52 ನಿ	65 ನಿ	78 ನಿ
ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ	256	128 $=\frac{256}{2}$	64 $=\frac{128}{2}$	32 $=\frac{64}{2}$	16 $=\frac{32}{2}$	8 $=\frac{16}{2}$	4 $=\frac{8}{2}$

ಸಮಯವು ಗತಿಸಿದಂತೆ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು ಪರಿವರ್ತನ ಹೊಂದುತ್ತಾ ಪ್ರೊಟಾನುಗಳಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುವುವು ಎಷ್ಟು ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಆರಂಭದ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಕೇವಲ ಅರ್ಧದಷ್ಟು ಸಂಖ್ಯೆಯ ಪರಮಾಣು ಕಣಗಳು ಉಳಿಯುವುವು ಅದನ್ನು ಆ ಪರಮಾಣು ಕಣದ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು ಎನ್ನಲಾಗುತ್ತದೆ. ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಕಣವೊಂದರ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು 13 ನಿಮಿಷಗಳು.

ರೇಡಿಯೋ ಐಸೋಟೋಪುಗಳು (ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು)

ಟ್ರೈಟಿಯಮ್ ಧಾತುವಿನ ಬೀಜದಿಂದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನೊಂದು ಹೊರಕ್ಕೆ ಧಾವಿಸಿದಾಗ ಇದರ ತೂಕವೇನೂ ಕಡಮೆಯಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಇದರ ಕೊರತೆಯಿಂದ ಇದರಲ್ಲಿ ಧನವಿದ್ಯುತ್ಸಂಚಯವು +2 (ಬೀಜದಲ್ಲಿ) ಎಂತಲೇ ಇದು ಹೀಲಿಯಂನ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಅದರ ಅಂಶ 2, ತೂಕವು 3.

[$_2H^3$—ಬೀಜಕಣ = $_2He^3$]

ಹೀಗೆ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯೆಯ ಗುಣವನ್ನು ತೋರುವ ಈ ಟ್ರೈಟಿಯಂನ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸೆಷ್ಟು ? ಇದು 12 · 5 ವರ್ಷಗಳಷ್ಟು. ಅಂದರೆ ಸುಮಾರು 256 ಟ್ರೈಟಿಯಂ ಧಾತುಗಳನ್ನಾರಿಸಿ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ, 12 . 5 ವರ್ಷಗಳ ನಂತರ ಇವುಗಳಲ್ಲಿ 128 ಮಾತ್ರ ಹಾಗೆಯೇ ಉಳಿದಿದ್ದು ಉಳಿದ 128 $_3He^3$ ರೂಪವನ್ನು ಪಡೆದಿರುತ್ತವೆ. ಪುನಃ 12 . 5 ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ 64 ರೂಪಾಂತರ ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಹೀಗೆ ಇದು ಏಕಪ್ರಕಾರವಾಗಿ ಜರಗುತ್ತಲೇ ಇರುವ ಕಾರ್ಯವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ನೂಟ್ರಾನ್ ಕಣವೊಂದರ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು 13 ನಿಮಿಷಗಳು, ಟ್ರೈಟಿಯಮ್ ಒಂದರ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು 12 · 5 ವರ್ಷಗಳು ಐಯೊಡಿನ್ 131 ರ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು 8 ದಿನಗಳಷ್ಟು, ಹಾಗೆಯೇ ಹೀಲಿಯಂನ 6ರ

ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು ಕೇವಲ 0 . 82 ಸೆಕೆಂಡ್‌ಗಳಷ್ಟು, ಲಿಥಿಯಂ 9 ರ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು 0 168 ಸೆಕೆಂಡು. ಹೀಗೆ ವಿವಿಧ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು ವಿಕಿರಣ ಧರ್ಮವನ್ನು ತೋರುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಕೆಲವು ಶೀಘ್ರವಾಗಿ ರೂಪಾಂತರ ಹೊಂದುತ್ತವೆ, ಇನ್ನೂ ಕೆಲವು ಸಾವಧಾನವಾಗಿ ರೂಪಾಂತರ ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಅಂತೂ ಇಂಥ ಧರ್ಮವನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವ ಧಾತು ರೂಪಗಳನ್ನು ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳೆನ್ನುತ್ತೇವೆ. ಇವನ್ನು ಕುರಿತೇ ಈ ಗ್ರಂಥದ ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ವಿವರಗಳನ್ನು ಪರಿಗ್ರಹಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಇಲ್ಲಿ ಇನ್ನೊಂದು ಮಾತು. ಎಲ್ಲ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳೂ ಅಸ್ಥಿರಗಳೋ, ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆ—,ಸಂಶಯ – ನಿಮ್ಮ ಮನಸ್ಸಿನಲ್ಲಿ ಉದಿಸಲೂ ಬಹುದು. ಅಂಕ 83 ರ ನಂತರದ ಪರಮಾಣುಗಳಷ್ಟೇ ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ತೋರುತ್ತಲಿವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಎರಡು ಮೂರು ದಶಕಗಳೊಳಗೆ ಕೃತಕವಾಗಿ ನಿರ್ಮಿತವಾದುವುಗಳು. ಅಂತೂ ಇವುಗಳಲ್ಲೆಲ್ಲ ಸಾಮಾನ್ಯ ಧರ್ಮವೊಂದಿದೆ; ಇದೇನೆಂದರೆ ಇವುಗಳಲ್ಲೆಲ್ಲ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗಿಂತ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಹೆಚ್ಚು. ಹೀಗಿದ್ದರೆ ಮಾತ್ರ ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯೆಯು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಜಲಜನಕದ, ಹೀಲಿಯಂ ಮತ್ತು ಲಿಥಿಯುಂನ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಕೆಳಗೆ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ.

${}_1Ho^1$ ${}_1H_1^2$ ${}_1H_2^3$

${}_2He_1^3$ ${}_2He_2^4$ ${}_2He_4^6$

${}_3Li_3^6$ ${}_3Li_4^7$ ${}_3Li_5^8$ ${}_3Li_6^9$

ಇವುಗಳಲ್ಲಿ H_2^3 (ಟ್ರೈಟಿಯಂ), ಹೀಲಿಯಂನ ರೂಪ ${}_2He_4^6$ ಮತ್ತು ಲಿಥಿಯಂನ ರೂಪ ${}_3Li_6^9$ ಇವು ಅತ್ಯಂತ ಅಸ್ಥಿರಗಳು, ಇವೆಲ್ಲವೂ ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತವೆ, ಒಂದಲ್ಲ ಒಂದು ತರದ ಕಣವನ್ನೊ ವಿಕಿರಣವನ್ನೋ ಹೊರಗೆ ತಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ಅನುಕ್ರಮ

ವಾದ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸುಗಳು 12.5 ವರ್ಷ, 0.82 ಸೆಕೆಂಡು ಮತ್ತು .168 ಸೆಕೆಂಡುಗಳ ಈ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಕ ರೂಪಗಳಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನು ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗಿಂತ ಅಧಿಕವಾಗಿದೆ ಎಂಬುದು ಇಲ್ಲಿ ಅವಶ್ಯ ನೆನಪಿನಲ್ಲಿಡತಕ್ಕ ವಿಷಯ.

ವಿವಿಧ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳ ನಿರ್ಮಾಣ ಮತ್ತು ಪ್ರತ್ಯೇಕೀಕರಣದ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಮುಂದೆ ಗಮನಿಸುವ.

ಅಧ್ಯಾಯ ೪

ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳ ತಯಾರಿಕೆ

ಧಾತುಪರಿವರ್ತನೆಯ ಇತಿಹಾಸ

ಕ್ರಿ. ಶ. 1896ರಲ್ಲಿ ಮೊತ್ತಮೊದಲು ಹೆನ್ರಿಬೆಕೆರಲ್ ಯುರೇನಿಯಂ ತಾನು ತನ್ನ ಗರ್ಭದಿಂದ ಕೆಲವು ಕಣ, ವಿಕಿರಣಗಳನ್ನು ತಳ್ಳುತ್ತ, ಇವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡ ನಂತರ ರೂಪಾಂತರ ಹೊಂದುತ್ತದೆಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು. ಇದರ ನಂತರ ರೇಡಿಯಂ ಮತ್ತು ಥೋರಿಯಂಗಳಲ್ಲಿ ಇಂಥ ಲಕ್ಷಣಗಳು ಕಂಡು ಬಂದುವು. ಇವೆಲ್ಲವೂ ನಿಸರ್ಗದಲ್ಲಿ ನಡೆಯುತ್ತಲಿದ್ದ, ಹೊರಸನ್ನಿವೇಶದಿಂದ ಎಳ್ಳಷ್ಟೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಲಾಗದೆ ಇರುವ ಧಾತು ರೂಪಾಂತರಗಳು.

ಕೃತಕವಾಗಿಯೂ ಇಂಥ ಧಾತು ರೂಪಾಂತರಗಳನ್ನು ತೋರಬಲ್ಲೆವೆ ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆ ಇಲ್ಲಿ ಸಹಜವಾಗಿ ಉದಿಸಿತು. ನೀಚ ಲೋಹಗಳಿಂದ ಬಂಗಾರವನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದೆಂಬ ಹಿಂದಿನ ಕಾಲದ ರಸವಿದ್ಯಾಭಿಜ್ಞರ (alchemist) ಕನಸು ಹಂಬಲಗಳು ಸತ್ಯವಾಗಬಹುದೆ? ಎಂಬ ಶಂಕೆಯು ಪುನಃ ಉದಿಸಿತು.

$_{88}$ರೇಡಿಯಂ^{226} ಎಂಬುದರ ಬೀಜದಿಂದ ಆಲ್ಫಾಕಣವು ನಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ, ಫಲವಾಗಿ $_{86}$ರೇಡಾನ್^{222} ಲಭಿಸುತ್ತದೆ. ಇಂಥ ರೇಡಿಯಂ ಬೀಜಕ್ಕಾಗಲೀ, ಇಲ್ಲವೆ $_{92}$ಯುರೇನಿಯಂ^{238} ಬೀಜಕ್ಕಾಗಲೀ ಆಲ್ಫಾಕಣವೊಂದನ್ನು ಹೊಡೆದು ಇದನ್ನು ಮತ್ತೂ ಭಾರವಾದ ಬೀಜವನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಬಲ್ಲೆವೆ ಎಂಬ ಹಂಬಲವೂ ಆ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಲ್ಲಿ ಉದಿಸಿತ್ತು. ಅನೇಕರು ಇದರ ಉತ್ತರವನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಹಲವು ತರದ

ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿದರೂ ಪೂರ್ತ ನಿಶ್ಚಿತವಾದ ಫಲಾನುಮಾನಗಳು ಲಭಿಸಲು 1938—1939 ಮತ್ತು 1946—1947 ವರ್ಷಗಳ ತನಕ ವಿಜ್ಞಾನ ಜಗತ್ತು ಕಾಯಲೇಬೇಕಾಯಿತು.

ಈ ಕಾರ್ಯವು ಕಷ್ಟತರವಾದುದೆ ?

ಇಂಥ ಪ್ರಯೋಗಗಳೇನೂ ಸುಲಭ ಸಾಧ್ಯವಲ್ಲ. ಕಾರಣ ನಾವು ಹೊಡೆಯತಕ್ಕ ಬೀಜಕಣಗಳಾದರೋ ಪ್ರೋಟಾನ್ ಇಲ್ಲವೆ ಆಲ್ಫಾಕಣಗಳು (ಹೀಲಿಯಂ ಬೀಜಗಳು). ಇವುಗಳ ತೂಕಗಳು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ 4 ಪ. ಮಾನ, 1 ಪ. ಮಾನದಂತಿದ್ದು ಇವುಗಳಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳೂ ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ 2 ಮತ್ತು 1 . ಪ್ರತಿ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲೂ ಪ್ರೋಟಾನ್ ಧನವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಪಡೆದಿದ್ದು ಇದರಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ತು ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಕಣದಲ್ಲಿನ ಧನವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಅವಶ್ಯ ಅಪಕರ್ಷಣ (repulsion) ಗೋಳಿಸುತ್ತದೆ. ಇಂಥ ಅಪಕರ್ಷಕಾರಕ ಬಲವೂ ಆಯಾಯ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳಿಗೂ ಅನುಪಾತದಲ್ಲಿದೆ. ಲಿಥಿಯಮ್ 7 ಬೀಜವೊಂದರ ಮೇಲೆ ಹೊರಗಿನಿಂದ ಪ್ರೋಟಾನ್ ಒಂದನ್ನು ಎಸೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಿರಿ. ಪ್ರೋಟಾನಿನಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಅಂಶವು ಒಂದು ಪಾಲು. ಲಿಥಿಯಮ್ ಬೀಜದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ತು 3 ಪಾಲು. ಇವುಗಳ ನಡುವಣ ದೂರವು 1 ಸೆ.ಮೀ. ಇದ್ದಾಗ ಇವುಗಳ ನಡುವಣ ಆಕರ್ಷಕ ಬಲವು 1 ಎಂದಾಗ, ಇವುಗಳ ನಡುವಣ ದೂರವು .001 ಸೆ. ಮೀ. ಆದರೆ ಈ ಬಲವು ಹಿಂದಿನ ಬಲದ .1 ಮಿಲಿಯ ಪಾಲು ಆಗುತ್ತದೆ. ನಿಜಕ್ಕಾದರೂ ಪರಮಾಣುಗಳ ವ್ಯಾಸವು 10^{-12} ಸೆ. ಮೀ. ಇರುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆಂದ ಬಳಿಕ, ಈ ಅಪಕರ್ಷಕ ಬಲವು ಮೊದಲು ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿದ ಬಲದ ಮಿಲಿಯ, ಮಿಲಿಯ, ಮಿಲಿಯ ಪಾಲು ಎಂದರೆ ನೀವು ಆಶ್ಚರ್ಯಪಡಬಹುದು. ಇಂಥ ಬಲವನ್ನೆದುರಿಸಿ ಕಣಗಳನ್ನು ಬೀಜದ ಮೇಲೆ ಹಾಯಿಸಲು ಅಪರಿಮಿತ ಬಲವು ಅತ್ಯವಶ್ಯ. ಇದನ್ನೊದಗಿಸುವುದು ದುಸ್ಸಾಧ್ಯವೇ ಎಂದರೂ ತಪ್ಪಿಲ್ಲ. ಪ್ರೋಟಾನಿನ ಬದಲು ಆಲ್ಫಾಕಣವನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿದರೆ ಇಂಥ ಬಲವು

ಎರಡು ಪಟ್ಟು. ಹೀಗೆ ಇಂಥ ಅಪಾರ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕಣಗಳಿಗೆ ಒದಗಿಸುವ ವಿಧಾನವು ತಿಳಿಯದೆ ಇದ್ದ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ ಈ ಶತಮಾನದ ತನಕವೂ ಧಾತು ಪರಿವರ್ತನೆಯ ಕಾರ್ಯವು ಅಸಾಧ್ಯವೆನಿಸಿತ್ತು.

ಮೊತ್ತಮೊದಲಿನ ಪ್ರಯೋಗಗಳು

ಸುಮಾರು ಕ್ರಿ.ಶ. 1919ರಲ್ಲಿ ರುದರ್‌ಫೋರ್ಡ್ ಇಂತಹ ಧಾತು ಪರಿವರ್ತನೆಯ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸಲು ಅನುವಾದನು. ಈ ತತ್ವವೆಲ್ಲವೂ ಇಷ್ಟರಲ್ಲೇ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಕರಗತವಾಗಿತ್ತು. ರಸವಿದ್ಯಾಭಿಜ್ಞರ ಕನಸೆಲ್ಲ ನನಸಾಗಲೂಬಹುದೆಂಬ ಆಸೆ ಕುದುರಿತ್ತು. ಈತನು 'ರೇಡಿಯಮ್ ಸಿ' ಧಾತುವಿನ ಮೇಲೆ ವೇಗವಾಗಿ ಧಾವಿಸುವ ಆಲ್ಫಾಕಣಗಳನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದನು. 'ರೇಡಿಯಂ ಸಿ' ಎಂದರೇನು ಎಂಬುದನ್ನು ಈ ಕೆಳಗಿನ ರೇಡಿಯಂನ ವಂಶವೃಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಕಾಣುವಿರಂತೆ :

$_{88}$ರೇಡಿಯಂ^{226}	1600ವರ್ಷ ಅಲ್ಪಾಯುಸ್ಸು
↓ ಆಲ್ಫಾಕಣ	
$_{86}$ರೇಡಾನ್^{222}	3 . 8 ದಿನ ,,
↓ ಆಲ್ಫಾಕಣ	
$_{84}$'ರೇಡಿಯಂ ಎ'^{218}	3 ನಿಮಿಷ
↓ ಆಲ್ಫಾಕಣ	
$_{82}$'ರೇಡಿಯಂ ಬಿ'^{214}	27 ನಿಮಿಷ
↓ ಬೀಟಾಕಣ	
$_{83}$ರೇಡಿಯಂ ಸಿ	20 ನಿಮಿಷ
↓ ಬೀಟಾಕಣ	
$_{84}$'ರೇಡಿಯಂ ಸಿ'	1 ·6 10^{-4} ಸೆಕೆಂಡು

3 ಆಲ್ಫಾಕಣಗಳನ್ನೂ 2 ಬೀಟಾಕಣಗಳನ್ನೂ ತನ್ನ ಗರ್ಭದಿಂದ ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ ತಳ್ಳುವ ರೇಡಿಯಂ ತಾನು 'ರೇಡಿಯಂ ಸಿ' ಧಾತುವಾಗಿ

ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಇದು ಅಂಕ 84ರ ಪೊಲೋನಿಯಂ ಧಾತುವಿನ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯ ಮಾತ್ರವಲ್ಲದ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ತೋರುವ ಹಾಗೂ 1.6×10^{-4} ಸೆಕೆಂಡು ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸುಳ್ಳ ಧಾತು. ಇದರಿಂದ ವೇಗವಾದ ಆಲ್ಫಾಕಣಗಳು ಹೊರಕ್ಕೆ ಹಾರುತ್ತವೆ. ಇವನ್ನೇ ರುದರ್ ಫೋರ್ಡ್ ತನ್ನ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದನು; ಇವನ್ನು ನೈಟ್ರೊಜನ್ ಬೀಜದ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದನು. ಆಗ ಕೆಲವು ಧಾತುಬೀಜಗಳು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ರೂಪಾಂತರ ಹೊಂದಿದುದು ಕಂಡುಬಂದಿತು

ಸಾರಜನಕ 14ರಲ್ಲಿ 7 ಪ್ರೊಟಾನ್ ಮತ್ತು 7 ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು ಬೀಜದಲ್ಲೂ, ಬೀಜೇತರ ಭಾಗದಲ್ಲಿ 7 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೂ ಇವೆ. ಆಲ್ಫಾಕಣವು ಹೀಲಿಯಂ ಬೀಜ ಇಲ್ಲವೆ ಆಲ್ಫಾಕಣದಿಂದ ಹೊಡೆದಾಗ ಈ ಕೆಳಗಿನ ಬದಲಾವಣೆಯು ಜರಗುತ್ತದೆ.

$_{7}$ಸಾರಜನಕ^{14} + $_{2}$ಹೀಲಿಯಂ^{4} → $_{8}$ಆಮ್ಲಜನಕ^{17} + $_{1}$ಹೈಡ್ರೋಜನ್^{1},

7 ಅಂಕದ ಸಾರಜನಕವು 8 ಅಂಕವುಳ್ಳ ಆಕ್ಸಿಜನ್ (ಆಮ್ಲಜನಕವಾಗಿ) ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಲದೆ ಇಲ್ಲಿ ಸಾರಜನಕವಾಗಲೀ, ಹೀಲಿಯಂ4 ಆಗಲೀ ಯಾವ ತರದ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ತೋರುವಂಥ ಮೂಲ ಧಾತುಗಳಲ್ಲ. ಆದರೂ ಇಲ್ಲಿ ಕಂಡು ಬರುವ ಧಾತು ಪರಿವರ್ತನೆಯು ನಿಜವಾದುದು. ಇದನ್ನು ಕೃತಕ ಧಾತು ಪರಿವರ್ತನೆ (artificial transmutation) ಎನ್ನುತ್ತೇವೆ. ಹಿಂದಿನ ಪಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ—ರೇಡಿಯಂ ಧಾತುವಿನ ವಂಶವೃಕ್ಷಾವಳಿಯಲ್ಲಿ ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿಯೂ ಒದಗುವ ಸಹಜ ಧಾತು ಪರಿವರ್ತನೆಯ ಲಬ್ಧಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸಿದಿರಷ್ಟೆ. ಇಲ್ಲಿನ—ಈಗ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿದ ಕಾರ್ಯಕ್ಕೂ ಸಹಜ ಧಾತು ಪರಿವರ್ತನೆಗೂ ಇರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಅವಶ್ಯ ಗಮನಿಸಲೇಬೇಕು. ಸಹಜ ಪರಿವರ್ತನೆಯೆಲ್ಲವೂ ನಿಸರ್ಗದಲ್ಲಿ ತಮ್ಮಷ್ಟಕ್ಕೇ ವಿಕಿರಣ ಧರ್ಮವನ್ನು ತೋರುವ ಧಾತುಗಳು ತೋರುವ ಪರಿವರ್ತನೆಯಾಗಿದೆ ಆದರೆ ಕೃತಕ ಧಾತುಪರಿವರ್ತನೆಯು ಯೋಜಿಸಿಕೊಂಡ ಬೀಜಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಲಭಿಸುವ ಧಾತು ಪರಿವರ್ತನೆ. ಸಾರಜನಕವೂ ತಾನು 7 ಅಂಕದ ಧಾತುವಷ್ಟೆ. ಇದು ಹೀಲಿಯಂನಲ್ಲಿನ ಒಂದು ಪ್ರೋಟಾನು ಮತ್ತು 2 ನ್ಯೂಟ್ರಾನು

ಗಳನ್ನು ಸ್ವೀಕರಿಸಿ $_8$ಆಕ್ಸಿಜನ್^{17} ಆಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ನಿಸರ್ಗದಲ್ಲಿ ಹೇರಳವಾಗಿ ಲಭಿಸುವ ಆಕ್ಸಿಜನ್ ಪರಮಾಣುವಾದರೋ $_8$ಆಕ್ಸಿಜನ್^{16} ರೂಪವುಳ್ಳದ್ದು. ಈ ಆಕ್ಸಿಜನ್ ಇದೇ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿದ್ದರೂ ತನ್ನ ಬೀಜದಲ್ಲಿ 1 ಪ್ರೋಟಾನನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಗೆ ಪಡೆದಿರುವ ಆಕ್ಸಿಜನ್ನಿನ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯವೆನಿಸುತ್ತದೆ. ಮಾನವನ ಇತಿಹಾಸದಲ್ಲಿ, ವಿಜ್ಞಾನದ ಇತಿಹಾಸದಲ್ಲೆಲ್ಲ ಇದೇ ಮನುಷ್ಯ ಸಾಧಿಸಿದ ಮೊತ್ತಮೊದಲ ಧಾತು ಪರಿವರ್ತನೆ—ಕೃತಕ ಧಾತುಪರಿವರ್ತನೆ—ಯ ಕಾರ್ಯ. ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ವೇಗವಾಗಿ ದೂಡುವ ಆಲ್ಫಾಕಣಗಳನ್ನು ಪಡೆವುದಾಗಲೀ ಇಲ್ಲವೇ ಇವುಗಳ ವೇಗವರ್ಧನೆಯೊದಗಿಸಿ, ಅವುಗಳ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದಾಗಲೀ ಬಹಳ ಕಷ್ಟದ ಕೆಲಸವಾದುದರಿಂದಲೇ ಇಂಥ ಕೃತಕ ಧಾತುಪರಿವರ್ತನೆಯ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮತ್ತೂ ಕೆಲವು ವರ್ಷ ನಡೆಸಲಿಲ್ಲ. ಮುಂದೆ ಪುನಃ 1931 ರಲ್ಲಿ ಕೊಕ್ರೋಫ್ಟ್ (Cochroft) ಮತ್ತು ವಾಲ್ಟನ್ (Walton) ಎಂಬೀರ್ವರು ರುದರ್‌ಫೋರ್ಡ್‌ನ ಮುಂದಾಳ್ತನದಲ್ಲಿ ಲಿಥಿಯಮ್ ಬೀಜವನ್ನು ಜಲಜನಕದ ಬೀಜದಿಂದ ಹೊಡೆದರು. ಇಂಥ ಬೀಜ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯ ಫಲವಾಗಿ ಅವರು ಲಿಥಿಯಂ ಬೀಜದಿಂದ ಹಗುರವಾದ ಹೀಲಿಯಂ ಬೀಜಗಳನ್ನೊದಗಿಸಿಕೊಂಡರು.

$$_3\text{ಲಿಥಿಯಂ}^7 + _1\text{ಹೈಡ್ರೋಜನ್}^1 \rightarrow _2\text{ಹೀಲಿಯಂ}^4 + _2\text{ಹೀಲಿಯಂ}^4$$

ಹೀಗೆ ಇಲ್ಲಿ ಕೃತಕ ಧಾತು ಪರಿವರ್ತನೆಯ ಇಬ್ಬಗೆಯ ಉದಾಹರಣೆಗಳನ್ನು ಕೊಡಲಾಗಿದೆ. ಮೊದಲನೆಯ ವರ್ಗದ ಉದಾಹರಣೆಗಳಲ್ಲಿ ಹಗುರವಾದ ಧಾತು ಭಾರತರ ಧಾತುವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಎರಡನೆಯ ವರ್ಗದ ಉದಾಹರಣೆಗಳಲ್ಲಿ ಭಾರತರ ಧಾತುವು ಹಗುರ ಧಾತುವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಇವೆರಡೂ ಕೃತಕ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳೇ ವಿನಾ ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿ ತನ್ನಂತೆಯೇ ಜರಗುವ ಧಾತ್ವಂತರ ಕಾರಗಳಲ್ಲವೆಂಬುದನ್ನು ಮರೆಯಬಾರದು.

ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಂಗಳ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ನೆರವು

ಸುಮಾರು ಇಷ್ಟರಲ್ಲಿ, ಎಂದರೆ 1932ರಲ್ಲಿ ಬ್ಯಾಡ್‌ವಿಕ್ ವಿದ್ಯುತ್

ತಟಸ್ಥವಾದ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಕಣವನ್ನು ಶೋಧಿಸಿ ತೆಗೆದನು. ಇದು ಕರಣರೂಪದಲ್ಲಿ $_{15}$ರಂಜಕ^{30}$\rightarrow + _1e^0 + _{14}$ಸಿಲಿಕಾನ್^{30} ಎಂದು ಬರೆಯುಬಹುದು. ಇಂಥ ರೇಡಿಯೋ ರಂಜಕ^{30}ರ (Radio Phosphorus^{30}) ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು 2 . 2 ನಿಮಿಷಗಳಷ್ಟು. ಹಾಗೆಯೇ ಮುಂದೆ ಇವರು ನ್ಯೂಟ್ರಾನೊಂದನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿ ಕಬ್ಬಿಣವನ್ನು ಹೊಡೆದಾಗ $_0$ನೂಟ್ರಾನ್^{1} $+$ $_{26}$ಕಬ್ಬಿಣ^{56}$\rightarrow$$_{26}$ಮ್ಯಾಂಗನೀಸ್^{56} $+$ $_1$ಜಲಜನಕ^1. ಇಲ್ಲಿನ $_{25}$ಮ್ಯಾಂಗನೀಸ್^{56} ಸ್ಥಿರಬೀಜವಲ್ಲ. ಇದು ತನ್ನ ಕೇಂದ್ರದಿಂದ ಗಾಮಾಕಿರಣಗಳನ್ನು ದಬ್ಬುತ್ತಲೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಹೆಚ್ಚಿನ ವಿವರಗಳನ್ನು ಕೊಡದಿದ್ದರೂ, ಹೀಗೆಯೇ ಕೆಲವು ಕೃತಕ ಧಾತುಪರಿವರ್ತನೆಯ ಕಾರ್ಯಗಳನ್ನು ಮೊದಲು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಒದಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಯಿತು. ಈಗಲಾದರೋ ಈ ಮೂವತ್ತು ವರ್ಷಗಳ ನಂತರ ಇಂಥ ಅಸಂಖ್ಯ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಸಾಧಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇಂಥ ಕಾರ್ಯಗಳಲ್ಲಿ ಈ ತನಕ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್, ಪ್ರೋಟಾನ್ ಇಲ್ಲವೆ ಜಲಜನಕದ ಬೀಜ, ಡ್ಯೂಟಿರಾನ್, ಆಲ್ಫಾಕಣ (ಹೀಲಿಯಂ ಬೀಜ) ಮೊದಲಾದ ವಿವಿಧ ಕಣಗಳನ್ನುಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ. ಮೊತ್ತಮೊದಲಿನ ಯಶಸ್ವೀ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ವಾಚಕರ ಅವಗಾಹನೆಗೆ ಇಲ್ಲಿ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ.

1) $_2$ಆಲ್ಫಾಕಣ^4 $+$ $_5$ಬೋರಾನ್^{10}$\rightarrow$$_7$ಸಾರಜನಕ^{13} $+$ $_0$ನ್ಯೂ^{1} ಇಲ್ಲಿನ ಸಾರಜನಕವು ರೇಡಿಯೋ ಆಕ್ಟಿವ್ ಆಗಿದ್ದು ಇಂಗಾಲ^{13}ನ್ನೊದಗಿಸುತ್ತದೆ.

$_7$ಸಾರಜನಕ^{13}$\rightarrow$ $_6$ಇಂಗಾಲ^{13} $+$$_1$ಪಾಸಿಟ್ರಾನ್^{0} (ಇದರ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು 10 . 1 ನಿಮಿಷಗಳು)

2) $_2$ಹೀಲಿಯಂ^{4} $+$ $_{11}$ಸೋಡಿಯಂ^{23}$\rightarrow$$_{13}$ಅಲ್ಯುಮಿನಿಯಂ^{26} $+$$_0$ನ್ಯೂ^{1} ಅಲ್ಯುಮಿನಿಯಂ^{26} ರೇಡಿಯೋ ಆಕ್ಟಿವ್ ಇದ್ದು ಮೆಗ್ನೇಸಿಯಂ ನ್ನೊದಗಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು 6 . 5 ಸೆಕೆಂಡು. ಅಲ್ಯುಮೀನಿಯಂ^{26} $\rightarrow$ $_{12}$ಮೆಗ್ನೇಸಿಯಮ್^{26} $+$ $_1$ಪಾಸಿಟ್ರಾನ್^{0} ಮುಂದೆ

ತಾನು ಪ್ರೋಟಾನಿನಷ್ಟೇ ತೂಕವುಳ್ಳ ಪದಾರ್ಥ ಕಣ. ಆದರೆ ಇದರಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನಂಶವೇ ಇಲ್ಲ. ಈ ಕಣವನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿದರೋ ವೈದ್ಯುತ ಅಪಕರ್ಷಣ ಬಲಗಳು ತೋರಲಾರವು. ಇದನ್ನುಪಯೋಗಿಸಬಾರದೇಕೆ ಎಂದು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಅನಿಸಿತು. ಆದರೆ ಇಂಥ ಕಣಗಳನ್ನು ಹೇರಳವಾಗಿ ಒದಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಬರುತ್ತದೆಯೆ ?

$_{2}$ಹೀಲಿಯಂ^{4} + $_{4}$ಬೆರೀಲಿಯಂ^{9} → $_{6}$ಇಂಗಾಲ^{12} + $_{0}$ನ್ಯೂಟ್ರಾನು^{1}

$_{2}$ಹೀಲಿಯಂ^{4} + $_{5}$ಬೊಲೋನ್^{11} → $_{7}$ಸಾರಜನಕ^{14} + $_{0}$ನೂಟ್ರಾನು^{1}

ಇವೆರಡು ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲೂ $_{2}$ಹೀಲಿಯಂ^{4} ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಆಲ್ಫಾಕಣ. ಮೊದಲನೆಯ ಮತ್ತು ಎರಡನೆಯ ಉದಾಹರಣೆಗಳಲ್ಲಿ ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ ಬೆರೀಲಿಯಂ ಮತ್ತು ಬೊಲೋನ್‌ಗಳು ಇಂಗಾಲ ಮತ್ತು ಸಾರಜನಕಗಳಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುತ್ತ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು ಇಂಥ ಕೃತಕ ಪರಿವರ್ತನೆಯ ವೇಳೆ ಲಭಿಸುವುವು. ಇವುಗಳನ್ನು ಅವಶ್ಯವಾಗಿ ಇತರ ಬೀಜಗಳ ಮೇಲೆ ಸುಲಭವಾಗಿ ಪ್ರಯೋಗಿಸಬಹುದು ಎಂಬುದನ್ನೊಪ್ಪಿದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ತಮ್ಮ ಮುಂದಿನ ಕೃತಕ ಧಾತುಪರಿವರ್ತನೆಯ ಕಾರ್ಯಗಳಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನು ಕಣವನ್ನೇ ಪ್ರಧಾನ ಪರಮಾಣುಭೇದಕ ಇಲ್ಲವೆ ಪರಮಾಣು ಸಂಯೋಜಕ ಗುಂಡನ್ನಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲನುವಾದರು. ಇವುಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದವರಲ್ಲಿ ಫ್ರಾನ್ಸಿನ ಫ್ರೆಡರಿಕ್ ಷೊಲಿಯೋ ಮತ್ತು ಆತನ ಪತ್ನಿ ಐರೀನ್ ಮೊದಲಿಗರು. ಇವರು ನ್ಯೂಟ್ರಾನನ್ನುಪಯೋಗಿಸುವ ಮೊದಲೂ ಆಲ್ಫಾಕಣಗಳನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ಹಲವು ಧಾತ್ವಂತರಗಳನ್ನು ಸಾಧಿಸಿದ್ದರು.

1) $_{2}$ಹೀಲಿಯಂ^{4} + $_{13}$ಅಲ್ಯೂಮಿನಿಯಂ^{27}

→ $_{15}$ರಂಜಕ^{30} + $_{0}$ನೂಟ್ರಾನ್^{1}

ಇಲ್ಲಿನ $_{15}$ರಂಜಕ^{30} ಎಂಬುದು ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ರಂಜಕ^{31}ರ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯ. ಇದು ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ತೋರುತ್ತ ತನ್ನಲ್ಲಿಂದ ಪಾಸಿಟ್ರಾನೊಂದನ್ನು (ಧನಾತ್ಮಕ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ $_{+1}e^{0}$) ಕಳೆದುಕೊಂಡು $_{14}$ಸಿಲಿಕಾನ್^{30}ನ್ನು ದೊರಕಿಸುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಈ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಸಮೀ

ಭಾರತರ ಜಲಜನಕ (ಡ್ಯೂಟಿರಾನ್)ದಿಂದ ಒದಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಾದ ಹಲವು ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಹೀಗಿವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ರೇಡಿಯೋ ಆಕ್ಟಿವ್ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯ ಗಳು ಲಭಿಸಿವೆ.

${}_{1}$ಡ್ಯೂಟಿರಾನ್^{2} + ${}_{26}$ಸ್ಥಿರಕಬ್ಬಿಣ^{56} → ${}_{27}$ಕೊಬಾಲ್ಟ್^{57} + ${}_{0}$ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್^{1}
(ಇದು ಸ್ಥಿರ ಐಸೋಟೋಪು)

${}_{1}$ಡ್ಯೂಟಿರಾನ್^{2} + ಸಾಮಾನ್ಯ${}_{15}$ರಂಜಕ^{31}
→ ರೇಡಿಯೋ${}_{15}$ರಂಜಕ^{32} + ${}_{1}$ಜಲಜನಕ^{1}

ಇನ್ನು ಕೆಲವು ಬಾರಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ತನ್ನೊಡನೆ ಲಭಿಸ ಬಹುದಾದ ಬೀಜದಲ್ಲೇ ಹುದುಗಿ ಕುಳಿತು ಅದರ ಸ್ಥಿರತೆಯನ್ನು ಕುಲುಕುತ್ತ ಆ ಬೀಜವನ್ನು ರೇಡಿಯೋ ಆಕ್ಟಿವನ್ನಾಗಿ ಮಾಡುವುದಿದೆ. ಇದರ ನಿದರ್ಶನವನ್ನು ಗಮನಿಸಿರಿ.

ಸಾಮಾನ್ಯ${}_{11}$ಸೋಡಿಯಂ^{23} + ${}_{0}$ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್^{1}
→ ${}_{11}$ರೇಡಿಯೋ ಸೋಡಿಯಂ^{24} + ${}_{0}$ಗಾಮಾಕಿರಣ^{0}

ಈ ರೇಡಿಯೋ ಸೋಡಿಯಂ^{24} ಕೂಡ ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ತೋರುತ್ತದೆಂಬುದನ್ನೇ ರೇಡಿಯೋ ಎಂಬ ಹಿಂದಿನ ಉಪಸರ್ಗರೂಪಪಲ್ಲಿ ಬರೆಯಲಾದ ಪದ ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಇದು ತನ್ನಷ್ಟಕ್ಕೆ ಗಾಮಾಕಿರಣ ಗಳನ್ನೂ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನೂ ಹೊರಚೆಲ್ಲುತ್ತಲಿರುತ್ತದೆ.

ರೇ.${}_{11}$ಸೋಡಿಯಂ^{24} → ${}_{12}$ಮೆಗ್ನೇಶಿಯಂ^{24} + ${}_{-1}$ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್^{0}

ಇದರ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು 15 ಗಂಟೆಗಳಷ್ಟು. ನಾವುಣ್ಣುವ ಉಪ್ಪಿ ನಲ್ಲಿ, ಸೇವಿಸುವ ಔಷಧಿಗಳಲ್ಲಿ, ಉಪಯೋಗಿರುವ ಕೃತಕ ಗೊಬ್ಬರಗಳಲ್ಲಿ ಸೋಡಿಯಂ ಪ್ರಧಾನ ಪಾತ್ರ ವಹಿಸಿರುವ ನಿಮಿತ್ತದಿಂದ ${}_{11}$ರೇಡಿಯೋ ಸೋಡಿಯಂ^{24} ಮಹದುಪಕಾರವನ್ನೆಸಗುತ್ತಲಿದೆ. ವಿವರಗಳನ್ನು ಮುಂದೆ ಗಮನಿಸೋಣ. ಇದೇ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಪ್ರೇರಿತ ಹಾಗೂ ಸಿದ್ಧವಾಗುವ ಇನ್ನೂ ಎರಡು ಸಾಮಾನ್ಯ ರೇಡಿಯೋ ಐಸೋಟೋಪುಗಳನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಉದಾಹರಿಸಬಹುದು.

1) ${}_{0}$ನೂಟ್ರಾನ್^{1} + ${}_{16}$ಗಂಧಕ^{32}

→ ರೇ. ${}_{15}$ ರಂಜಕ^{32} + ${}_{1}$ಹೈಡ್ರೋಜನ್^{1}

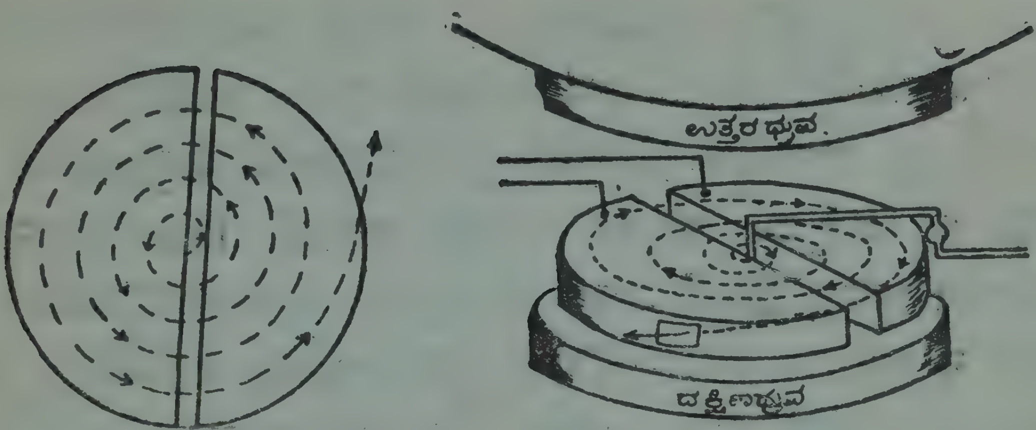
2) ${}_{0}$ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್^{1} + ${}_{3}$ಲಿಥಿಯಂ.^{6}

⟶ ${}_{1}$ಟ್ರೈಟಿಯಂ^{3} + ${}_{2}$ಹೀಲಿಯಂ^{4}
(ರೇ. ಆಕ್ಟಿವ್)

ಇಷ್ಟರತನಕದ ವಿಚಾರಧಾರೆಯಲ್ಲಿ ರೇಡಿಯೋ ಆಕ್ಟಿವ್ ಐಸೋಟೋಪುಗಳ ರಚನೆಯು ತತ್ವವೇನು ಎಂಬುದರ ರೂಪರೇಖೆಗಳನ್ನಷ್ಟೇ ಪರೀಕ್ಷಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇವನ್ನು ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಹೇಗೆ ಪಡೆಯುತ್ತಲಿದ್ದಾರೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸೋಣ.

ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನ್ (Cyclotron)

ಲಾರೆನ್ಸ್ ಮತ್ತು ಲಿವಿಂಗ್‌ಸ್ಟನ್ ಎಂಬೀರ್ವರು ಸುಮಾರು ಮೂವತ್ತು ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ನಿರ್ಮಿಸಿದ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನ್ ಬಹಳ ಉಪಯುಕ್ತವಾದ ಸಾಧನಗಳಲ್ಲೊಂದಾಗಿದೆ. ಈ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ — ಸಾಧನದಲ್ಲಿ ಹೊಡೆಯುವ ಗುಂಡುಗಳನ್ನು— ಕಣರೂಪದ ಗುಂಡುಗಳನ್ನು-- ವೇಗವರ್ಧನೆಗೊಳಿಸಿ, ಶಕ್ತಿಯ ಉತ್ಕರ್ಷವನ್ನು ಪಡೆದನಂತರ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ಮೇಲೆ ಎರಗಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಆವರ್ತಶೀಲ (alternate) ವಿದ್ಯುದೊತ್ತಡವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಕಣದಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ತು ಮತ್ತು ಅದರ ವೇಗಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿಯೇ ಇದು ಇವುಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ವೃತ್ತಾಕಾರದ ಪಥದಲ್ಲಿ ಮುಂದರಿಯುತ್ತದೆ. ಕಣದ ವೇಗವು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆ ಇದರ ಪಥದ ತ್ರಿಜ್ಯವು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಫಲವಾಗಿ ಇದು ಚಲಿಸುವ ದೂರವೂ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ವೇಗತರವಾಗಿ ಚಲಿಸುವ ಕಣಗಳು ಹೊರವೃತ್ತಗಳಲ್ಲೂ ಮಂದವಾಗಿ ಸಾಗುತ್ತಲಿರುವ ಕಣಗಳ ಒಳವೃತ್ತಾಕಾರದ ಸಾಲುಗಳಲ್ಲೂ ಓಡುತ್ತ ಎಲ್ಲವೂ ಏಕಕಾಲದಲ್ಲೇ ಒಮ್ಮೆ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಸುತ್ತುತ್ತವೆ; ಅಥವಾ, ಎಲ್ಲ ಕಣಗಳೂ, ಇವುಗಳ ವೇಗಗಳು ಎಷ್ಟೇ ಇರಲಿ, ಎಲ್ಲವೂ ಏಕಕಾಲದಲ್ಲೇ ಸೈಕ್ಲೋ



ಚಿತ್ರ : ೧೩ ಲಾರೆನ್ಸನ ಸೈಕ್ಲೊಟ್ರಾನ್

ಟ್ರಾನಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಬಾರಿ ಪ್ರದಕ್ಷಿಣೆ ಬರುತ್ತವೆ ಎನ್ನಬಹುದು. ಮೇಲಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಅ, ಆ ಎಂಬವುಗಳು ಉಪಕರಣದ ಎರಡು ಗರ್ಭಗಳು. ಇವೆರಡೂ ಸೇರಿದರೇನೇ ಸೈಕ್ಲೊಟ್ರಾನಿನ ಪೂರ್ತಿ ವರ್ತುಲಾಕಾರದ ಸ್ತಂಭವು ಸಿಗುತ್ತದೆ. ಇವೆರಡನ್ನು ಪ್ರಬಲವಾದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿರಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ನಿಶ್ಚಿತಾವೃತ್ತಿ ಸಂಖ್ಯೆಯ ವಿದ್ಯುತ್ಪರಿವರ್ತನಕ್ಕೆ ಇವನ್ನು ಜೋಡಿಸಲಾಗಿದೆ. ಅಂದರೆ, ಒಂದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಇವೆರಡರಲ್ಲೂ ವಿಪರೀತ ಲಕ್ಷಣದ ವಿದ್ಯುದಂಶವು ಆಚ್ಛಾದಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. 'ಅ'ದಲ್ಲಿ ಧನವಿದ್ಯುದಂಶವಿದ್ದರೆ, 'ಆ'ದಲ್ಲಿ ಋಣವಿದ್ಯುದಂಶ; 'ಅ'ದಲ್ಲಿ ಋಣವಿದ್ಯುದಂಶವಾದರೆ, 'ಆ'ದಲ್ಲಿ ಧನವಿದ್ಯುದಂಶ; ಹೀಗೆ ಒಂದು Dಯ ಕೆಳಗಡೆ ವೇಗವರ್ಧನೆ ಪಡದ ಕಣವೊಂದು ಮತ್ತೊಂದು Dಯ ಕೆಳಗೆ ಸಾಗುವಾಗಲೆಲ್ಲ ಅಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ದೆಸೆಯಿಂದ ಮತ್ತೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ವೇಗವರ್ಧನೆ ಪಡೆಯುತ್ತದೆ. ಇದು ಅನುಕೂಲವಾಗಲು ವಿದ್ಯುತ್ಪರಿವರ್ತಕದ ಆವೃತ್ತಿಸಂಖ್ಯೆಯೂ ಕಣದ ಭ್ರಮಣಾವೃತ್ತಿಸಂಖ್ಯೆಯೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರತಕ್ಕುದು ಎಂಬುದು ಇಲ್ಲಿ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂತೂ ಕಣವೊಂದು ಪ್ರತಿ Dಯ ಕೆಳಗಡೆಯೂ ವೇಗವರ್ಧನೆ ಪಡೆಯುತ್ತಲೇ ಉಪಕರಣದ ಹೊರಮುಗ್ಗುಲಿಗೆ ಸಾಗುತ್ತದೆ. ಮುಂದೆ ಅತ್ಯಂತ ಹೊರಮುಗ್ಗುಲಿಗೆ ಸಾಗುತ್ತ ಸ್ತಂಭದ ಹೊರಮೈಯಲ್ಲಿನ ಕಿಟಕಿಯಿಂದ ಹೊರಕ್ಕೆ ಹಾರುತ್ತದೆ. ಹಾರುವಲ್ಲೇ ಇಡಲಾದ ಬೀಜವನ್ನು ಹೊಡೆಯುತ್ತದೆ. ಹೊಡೆಯಲ್ಪಟ್ಟ ಕಣವು ಜಲಜನಕ ಬೀಜ, ಡ್ಯೂಟೆರಾನ್, ಹೀಲಿಯಂ ಬೀಜ

ಇಲ್ಲವೇ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಇರಬಹುದು. ಇವುಗಳ ವೇಗವೇತಕ್ಕೆ ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಿಗೆ ಇರಲೇಬೇಕು ಎಂದು ನಿಮಗನಿಸಬಹುದು. ಇಂಥ ವೇಗವಿಲ್ಲದೆ ಹೋದರೆ ಈ ಕಣಗಳು ಹೊಡೆಯಲ್ಪಡುವ ಬೀಜದ ಸುತ್ತಲೂ ವ್ಯಾಪಿಸಿರುವ ಸ್ಥಾನಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಾಕಾರ (Potential barrier)ವನ್ನು ಹಾದು ಬೀಜವನ್ನು ನೆಟ್ಟಗೆ ಹೊಡೆಯಲಾರವು. ಹೀಗೆ ಅವಶ್ಯವಾಗಿಯೂ ಕಣಗಳ ವೇಗವು ಅತ್ಯಧಿಕವಾಗಬೇಕು. ಇದರಿಂದಲೇ ಆಧುನಿಕ ಸೈಕ್ಲೊಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಗಾತ್ರವು ಹೆಚ್ಚುತ್ತಲಿದೆ. ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯಾದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿತವಾದ ಸೈಕ್ಲೊಟ್ರಾನಿನ ಕಾಂತಗಳ ವ್ಯಾಸವು 15 ಅಡಿ 4 ಅಂಗುಲಗಳಷ್ಟಿದೆ. ಇದರಿಂದ ಎಂತಹ ಅದ್ಭುತ ವೇಗವು ಫಲಿಸದು ! ಅಂತೂ ಇಂದು ಉಪಕರಣಗಳಿಂದ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳ ರಚನೆ ಸುಲಭವೆನಿಸುತ್ತಲಿದೆ.

ಪರಮಾಣುಬೀಜ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಕ

ಇದೀಗ ಇಪ್ಪತ್ತು ವರ್ಷಗಳಿಂದ—ಇಪ್ಪತ್ತೈದು ಎಂದರೂ ಸರಿಯೆ — ಇಂಥ ಧಾತುರೂಪಾಂತರದ ಕಾರ್ಯಗಳಲ್ಲಿ ಇನ್ನೊಂದು ಬಗೆಯ ಉಪಕರಣವು ಬಳಕೆಗೆ ಬಂದಿರುತ್ತದೆ. ಇದೇ 'ಬೀಜಕ್ರಿಯಾಕಾರಕ' (Nucluer Reactor). ಸುಮಾರು 1946—51ರ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ಕ್ರಮಗಳಿಂದ ತಯಾರಿಸಲಾದ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳ 500 ಪಾಲಷ್ಟು ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು — ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಎಂದು ಅವಶ್ಯ ನೆನಪಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಿರಿ — ಓಕ್‌ರಿಡ್ಜ್ ನ್ಯಾಶನಲ್ ಲ್ಯಾಬೊರೇಟರಿಯ ಬೀಜಕ್ರಿಯಾಕಾರಕವು ತಯಾರಿಸಿತ್ತು. ಒಂದೇ ಒಂದು ವರ್ಷ 1961—62ರಲ್ಲಿ ಎಂದರೆ ಇದೆಂಥ ಚಮತ್ಕಾರದ ಉಪಕರಣವೆನಿಸುವುದಿಲ್ಲವೆ ?

ಬೀಜಕ್ರಿಯೆಗಳ ಸಮೀಕ್ಷೆ

ಯುರೇನಿಯಂ ಧಾತುವಿನ ಮುಖ್ಯವಾದ ಎರಡು ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳಿವೆ. ಇವುಗಳು ಯುರೇನಿಯಂ^{235}, ಯುರೇನಿಯಂ^{238}. ಇಂಥ ಭಾರ

ತಮ ಬೀಜಗಳ ಮೇಲೆ ನ್ಯೂಟ್ರಾನನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿ, ಆ ಬೀಜಗಳಲ್ಲಿ ಹುದುಗಿಸಿದರೆ ಮತ್ತೂ ಭಾರವಾದ ಹಾಗೂ ಕೃತಕವಾದ ಹೊಸತೊಂದು ಬೀಜವು ಲಭಿಸಲಾರದೆ ಎಂಬುದು ಅನೇಕ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳನ್ನು ಕೆಣಕಿದ ಪ್ರಶ್ನೆಯಾಗಿತ್ತು. 1939ರಲ್ಲಿ ಓಟೋಹ್ಹಾನ್ ಮತ್ತು ಸ್ಟ್ರಾಸ್‌ಮಾನ್ ಮಂದವೇಗದ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಯು.^{235}ರ ಬೀಜದ ಮೇಲೆ ಹಾಯಿಸಿ ದಾಗ ಒಂದು ವಿಚಿತ್ರವನ್ನು ಕಂಡರು. ನ್ಯೂಟ್ರಾನನ್ನು ಸ್ವೀಕರಿಸಿದ ಬೀಜವು ಇಬ್ಭಾಗವಾಗಿ ಸಿಡಿದುದಲ್ಲದೆ – ಸಣ್ಣ ಬೀಜಗಳಾಗಿ ಒಡೆದುದಲ್ಲದೆ — ಇವುಗಳೊಡನೆ ಕೆಲವು ಬಿಡು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳೂ ಲಭಿಸುತ್ತವೆ. ದೊಡ್ಡ ಬೀಜವೊಂದು ಹೊರಗಿನ ಕಣವು ಬಂದೆರಗಿದಾಗ, ಅದರ ಸ್ವೀಕಾರ ದಿಂದ ಇಬ್ಭಾಗವಾಗಿ ಸಿಡಿಯುವುದನ್ನು ಪರಮಾಣು ವಿದಲನ (atomic fission) ವೆನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಇದು ಈ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರ ಅನ್ವ ಯಿಸಿದ ಲಕ್ಷಣವಲ್ಲ; ಯುರೇನಿಯಂ^{238}ರ ಬೀಜಗಳೂ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಗಳನ್ನು ಹೊಡೆದಾಗ ಹೀಗೆ ಇಬ್ಭಾಗವಾಗುತ್ತಲಿದ್ದುವು. ಆದರೆ, ಯುರೇ ನಿಯಂ^{238}ರ ಬೀಜಗಳ ಮೇಲೆ ಎರಗಿಸುವ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು ಬಹಳ ವೇಗ ವಾಗಿರಬೇಕಿತ್ತು. ಯು.^{235}ರ ಮೇಲೆರಗುವ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು ಬಹಳ ಮಂದವೇಗದಲ್ಲಿದ್ದರೂ ಈ ವಿದಲನ ಕಾರ್ಯವು ಜರಗುತ್ತಲಿತ್ತು. ಹ್ಹಾನ್‌ನ ಮೊದಲ (ಯು.^{238}ರ) ಪ್ರಯೋಗದ ಬೀಜಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಹೀಗೆ ಬರೆಯಬಹುದು.

$$\text{ಯುರೇನಿಯಂ}^{238} + {}_{0}\text{ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್}^{1} \longrightarrow {}_{56}\text{ಬೇರಿಯಂ}^{148} + {}_{36}\text{ಕ್ರಿಪ್ಟಾನ್}^{88} + 3\,{}_{0}\text{ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್}^{1}$$

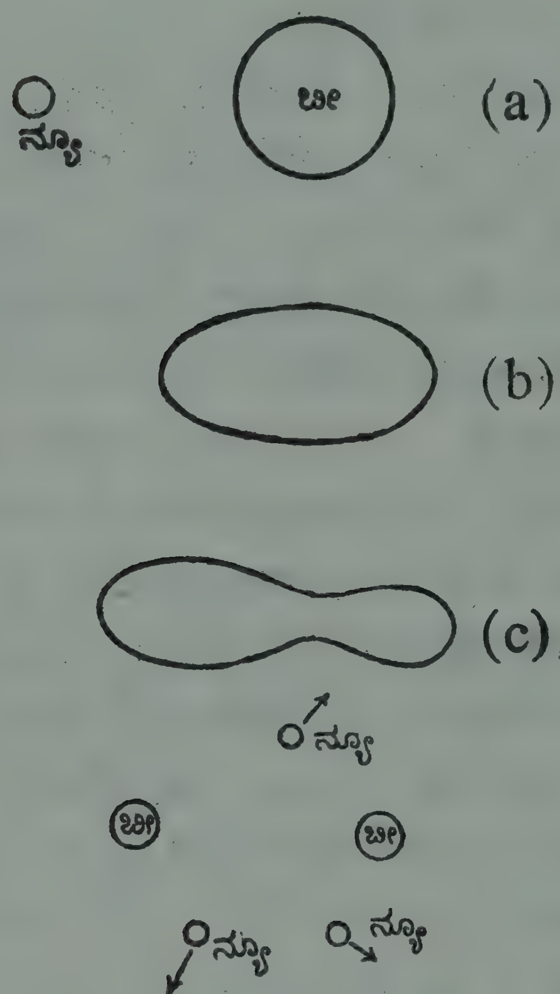
ತೂಕ, ಅಂಶಗಳೆರಡರ ನಿತ್ಯತ್ವವೂ ಮೇಲಿನ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ.

ತೂಕ : $238+1=239=148+88+3\times 1$

ಅಂಶ : $92+0=56+36+3\times 0$

ಆದರೇನು, ಬಲಮಗ್ಗುಲಲ್ಲಿ ನಾವು ಅತ್ಯವಶ್ಯವಾಗಿ ಇಂಥ ಕ್ರಿಯೆ ಗಳಲ್ಲಿ ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಬರೆಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ನಾವು

ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಒಂದು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ವೋಲ್ಟ್ (ಇ. ವೋ.) ಶಕ್ತಿಯದು. ಇದರ ಫಲವಾಗಿ ವಿದಲನವು ಜರಗುವಾಗ ಪ್ರತಿ ವಿದಲನಕ್ಕೂ 200 ಮಿಲಿಯ ಇ. ವೋ. ಶಕ್ತಿಯು ಬಿಡುಗಡೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ : ೧೪ ಬೀಜವಿದಲನ

ಮಂದ ವೇಗದ ನ್ಯೂಟ್ರಾನು ಯು.235ರ ಬೀಜವನ್ನು ಹೊಡೆದಾಗ ನಡೆಯುವ ಬೀಜಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳ ವಿವರವು ಹೀಗಿದೆ :

ಮೊದಲು ನ್ಯೂಟ್ರಾನು ಹೀರಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಯು.235ರ ಬೀಜವು ಯು.236ರ ಬೀಜವಾಗಿ ಭಾಸವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ತೀವ್ರ ಅಸ್ಥಿರವಿರುವ ಸ್ಥಿತಿಯಾಗಿದ್ದು ಕೂಡಲೇ ವಿದಲನ ಹೊಂದುತ್ತದೆ.

$$_{0}\text{ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್}^{1} + {}_{92}\text{ಯುರೇನಿಯಂ}^{235} \longrightarrow {}_{92}\text{ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್}^{236}$$

$_{92}$ಯುರೇನಿಯಂ^{236}

$_0$ನ್ಯೂ $_0$ನ್ಯೂ $_0$ನ್ಯೂ

$_{86}$ಬೇರಿಯಂ^{143}
↓ (ಬೀಟಾಕಣ,
ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು 30 ಸೆ.)
$_{87}$ಲೆಂಥಾನಮ್^{143}
↓ (ಬೀಟಾಕಣ,
ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು 19 ನಿ.)
$_{88}$ಸೇರಿಯಂ^{143}
↓ (ಬೀಟಾಕಣ,
ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು 33 ಗ.)
$_{89}$ಪ್ರಾಸ್ಯೋಡಿಯಂ^{143}
↓ ಬೀಟಾಕಣ,
ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು 14 ದಿ.)
$_{90}$ನಿಯೋಡ್ಮಿಯಂ^{143}

$_{36}$ಕ್ರಿಪ್ಟಾನ್^{90}
↓ ಬೀಟಾಕಣ,
ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು 33 ಸೆ.)
$_{37}$ರುಬೀಡಿಯಂ^{90}
↓ ಬೀಟಾಕಣ, 10—4 ಸೆ.)
$_{38}$ಸ್ಟ್ರಾಂಶಿಯಂ^{90}
↓ (ಬೀಟಾಕಣ, 25ವರ್ಷ)
$_{39}$ಯಿಟ್ರಿಯಂ^{90}
↓ (ಬೀಟಾಕಣ, 65 ಗ.)
$_{40}$ಝಿರ್ಕೋನಿಯಂ^{90}

ಇವೆರಡೂ ಸ್ಥಿರರೂಪದ ಬೀಜಗಳೇ. ವಿಕಿರಣ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ತೋರುವುದಿಲ್ಲ.

ಈ ಕ್ರಿಯೆಯು ಇನ್ನೊಂದು ರೂಪದಲ್ಲೂ ಜರಗಬಹುದು.

$_0$ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್^{1} + $_{92}$ಯುರೇನಿಯಂ^{235}
⟶ $_{51}$ಆಂಟಿಮನಿ^{133} + $_{41}$ಕೊಲಂಬಿಯಂ^{99} + 4 $_0$ನೂಟ್ರಾನ್^{1}

ಈ ರೂಪದ ಆಂಟಿಮನಿ ಮತ್ತು ಕೊಲಂಬಿಯಂಗಳು ಅಸ್ಥಿರಗಳಾಗಿದ್ದು ತಮ್ಮತಮ್ಮ ಬೀಜಗಳಿಂದ ಹಲವು ಮೂಲ ಕಣಗಳನ್ನು ಹೊರಗೆಡ

ಹುತ್ತ ಕೊನೆಗೆ ಸೀಶಿಯುಮ್ ಮತ್ತು ರುಥೇನಿಯಂ ಬೀಜಗಳಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದಿ ಮೂರು ಬಿಡು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನೊದಗಿಸುವುವು.

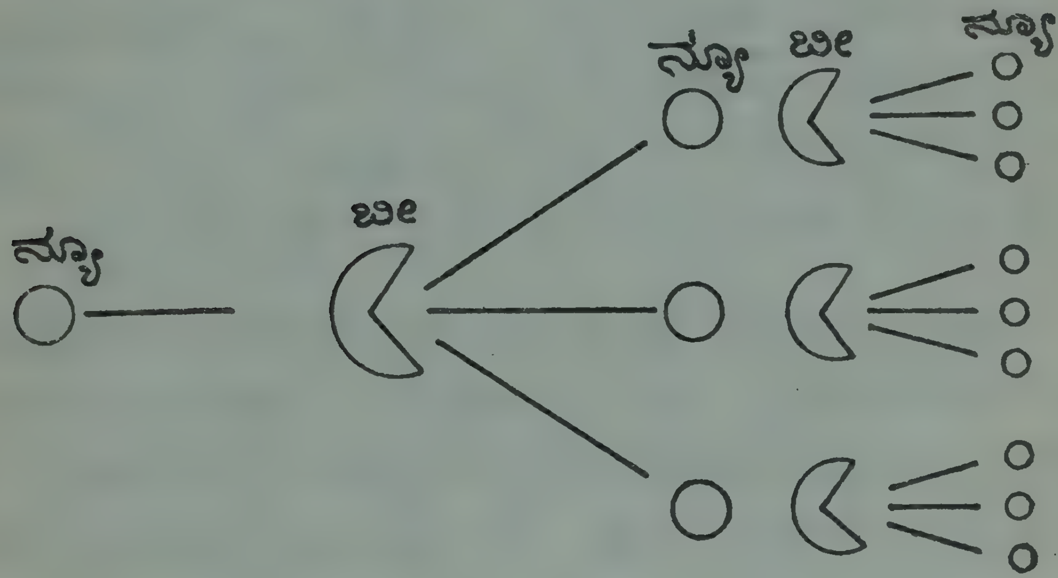
$_{92}$ಯು^{235} $\longrightarrow$ 3_{0}ನ್ಯೂ^{1} + ಶಕ್ತಿ + $_{48}$ಸೀಶಿಯಂ^{133} + $_{44}$ರುಥೇನಿಯಂ^{99}

ನಿಖರವಾದ ಪರಮಾಣು ತೂಕಗಳ ಬೆಲೆಗಳನ್ನು ನಿತ್ಯತ್ವ ಸೂತ್ರದ ಮೇರೆಗೆ ಪರಿಶೀಲಿಸಿದಾಗ 235·128 = 132·942 + 898 933 + 3 × 1·00893 + ಶಕ್ತಿ ಎಂಬುದು ಸಮೀಕರಣ. ಈ ಶಕ್ತಿಯ ಜಡತ್ವ ಸೂಚಕವು 022621 ಪರಮಾಣು ತೂಕಮಾನ (atomic mass unit)· 1 ಪ. ಮಾನವು ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ 931 1 ಮಿಲಿಯ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಗೆ ಸಮವೆಂದರೆ, ಇಲ್ಲಿ—ಈ ಬೀಜಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಬಿಡುಗಡೆಗೊಳ್ಳುವ ಶಕ್ತಿಯು 210 4 ಮಿ. ಇ. ವೋ. ಶಕ್ತಿಗೆ ಸಮ. ಇದಿಷ್ಟು ಒಂದೇ ಪರಮಾಣುವಿನ ವಿದಲನದಿಂದ ಸಿದ್ಧಿಸಬಹುದಾದ ಶಕ್ತಿ. ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ಯುರೇನಿಯಂನಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು ಹತ್ತು ಸಹಸ್ರ ಮಿಲಿಯ, ಮಿಲಿಯ, ಮಿಲಿಯ, ಮಿಲಿಯ ($=10^{22}$) ಪರಮಾಣುಗಳಿದ್ದು, ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ಯು.^{235}ರ ಪರಮಾಣುಗಳೆಲ್ಲವೂ ವಿದಲನವನ್ನು ತೋರಿದಾಗ ಎಂಥ ಅಪಾರ ಶಕ್ತಿಯು ಸಿದ್ಧಿಸುವುದಿಲ್ಲ! ಅಥವಾ ಪರಮಾಣುವೊಂದರ ತೂಕ ಗಾತ್ರಗಳೊಂದಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದಾಗ 210 4 ಮಿ. ಇ. ವೋ. ಶಕ್ತಿಯೇನೂ ಕ್ಷುದ್ರ ಪರಿಮಾಣವುಳ್ಳುದಲ್ಲ.

ಸರಪಣಿಕ್ರಿಯೆ (chain reaction)

ಮೇಲಿನ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಮತ್ತೂ ಒಂದು ವಿಚಿತ್ರ ಸಂಗತಿ ನಡೆಯುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಪರಂಪರಾ—ಸರಪಣಿ ಕ್ರಿಯೆ (chain reaction) ವಿಕ್ರಿಯೆ. ಒಂದು ಬೀಜ ವಿದಲನ ಹೊಂದಿದಾಗ ಬಿಡುಗಡೆಗೊಳ್ಳುವ ಎರಡೋ ಮೂರೋ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು ತಾವೂ ಹಿಂದಿನ ನ್ಯೂಟ್ರಾನು ಜರಗಿಸಿದಂತಹ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನೇ ಒದಗಿಸಬಲ್ಲುವು. ಹೀಗೆಂದ ಬಳಿಕ, ಪ್ರತಿಯೊಂದು ನ್ಯೂಟ್ರಾನು ತಾನು ಮತ್ತು ಎರಡು ಇಲ್ಲವೆ ಮೂರು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಸೃಜಿಸಬಲ್ಲುದು. ಹೀಗೆ ಈ ಕಾರ್ಯವು ಸತತವಾಗಿ

ಈ ಕಾರ್ಯವು ಜರುಗುವಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನೇ ಸರಪಣಿಕ್ರಿಯೆ ಇಲ್ಲವೆ ಪರಂಪರಾವಿಕ್ರಿಯೆ ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕ್ರಿಯೆಯೂ ಕೇವಲ 1/20000000 ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಜರುಗುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ : ೧೫ ಸರಪಣಿಕ್ರಿಯೆ (Chain Reaction)

ಅತ್ಯಂತ ನಿಖರವಾದ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರದ ಮೇರೆಗೆ .000005 ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು ನೂರು ಪರಮಾಣುಗಳೂ ಇದರ ಎರಡರಷ್ಟು ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಸಾವಿರ ಪರಮಾಣುಗಳೂ ವಿದಲನ ಹೊಂದಬಲ್ಲುವು. ಆದರೆ, ಈ ಬಗೆ ಬಿಡುಗಡೆಯಾದ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು ಒಂದು ಮತ್ತೊಂದು ಬೀಜವನ್ನು ಹೊಡೆಯುವ ಮುಂಚೆ ಕ್ರಮಿಸುವ ಸರಾಸರಿ ದೂರವನ್ನು ನಾವು ತೆಗೆದುಕೊಂಡ ಪದಾರ್ಥದೊಳಗೇ ಕ್ರಮಿಸಿರಲೇಬೇಕು ಎಂಬುದು ಇಲ್ಲಿನ ಅವಶ್ಯ ಶರ್ತವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಥವಾ, ನಾವು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಪದಾರ್ಥವು ನಿಶ್ಚಿತ ಗಾತ್ರವನ್ನು (critical size) ಮಿಕ್ಕಿರತಕ್ಕುದು. ಇಂಥ ನಿಶ್ಚಿತ ಗಾತ್ರವನ್ನೇ ವಿದಲನಶೀಲ ಪದಾರ್ಥದ ಸಂಧಿ ಗಾತ್ರ (critical size) ವೆನ್ನುತ್ತೇವೆ.

ಇನ್ನು ಯುರೇನಿಯಂ 235 ರ ಬೀಜಗಳನ್ನು ಹೊಡೆಯುವ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ವೇಗವೂ ಹೆಚ್ಚಿಗೆ ಇರತಕ್ಕುದಲ್ಲ. ಇದಕ್ಕೋಸ್ಕರವಾಗಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ನೀರು, ಪ್ಯಾರಾಫಿನ್ ಮೇಣ ಮೊದಲಾದುವುಗಳ

ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸುತ್ತಾರೆ. ಇಂಥ ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ಇವುಗಳ ವೇಗವು ಸಾಕಷ್ಟು ನಿರೋಧಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ; ಮುಂದೆ ಇವುಗಳು ಮೆಲ್ಲನೆ ಸಾಗುತ್ತಾ ಯುರೇನಿಯಂನ ಬೀಜಗಳ ಮೇಲೆರಗುತ್ತವೆ. ಮೇಲೆ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿದ ವಸ್ತುಗಳ ಬದಲು ಡ್ಯೂಟೇರಿಯಂ ಆಕ್ಸೈಡ್ (Deuterium oxide) ಎಂಬ ಭಾರತರ ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಮತ್ತು ಆಕ್ಸಿಜನ್‌ಗಳ ಸಂಯುಕ್ತದ ಮೂಲಕ ಇಂಥ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಹಾಯಿಸಿದರೆ ಇಂಥ ವೇಗದ ನಿರೋಧ ಕಾರ್ಯವು ಮತ್ತೂ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಜರುಗುತ್ತದೆ.

ನೂಟ್ರಾನು ಒಂದು ಬೀಜದೊಡನೆ ಸಂಪಾತಗೊಳ್ಳುವ ಅವಧಿಯು 10^{-8} ಸೆಕೆಂಡಿನಷ್ಟು. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ ಸೃಜಿಸಲ್ಪಡಬಹುದಾದ ಶಕ್ತಿಯು ಅಪರಿಮಿತ ವೇಗದಿಂದ ಸಿದ್ಧಿಸುವ ಕಾರಣ ಇಲ್ಲಿನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು (power) ಅಪಾರವೆನಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಅಪಾರ ಶಕ್ತಿಯು ಉಷ್ಣರೂಪದಲ್ಲಿ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸುವ ಈ ಅಪಾರ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಹೀರುವ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಜರುಗಿಸುವುದು ಅತ್ಯವಶ್ಯ. ಈ ಬಗ್ಗೆ ತಕ್ಕ ಕ್ರಮವನ್ನು ಕೈಗೊಳ್ಳಲೇಬೇಕು ಇಲ್ಲವೇ ವಿದಲನದ ವೇಗವನ್ನು ಮಿತಗೊಳಿಸಬೇಕು. ಈ ವಿಚಾರಗಳೆಲ್ಲವೂ ವಿದಲನ ಕಾರ್ಯದಿಂದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದಾದ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ನೆನಪಿನಲ್ಲಿಡತಕ್ಕ ಅಂಶಗಳಾಗಿವೆ.

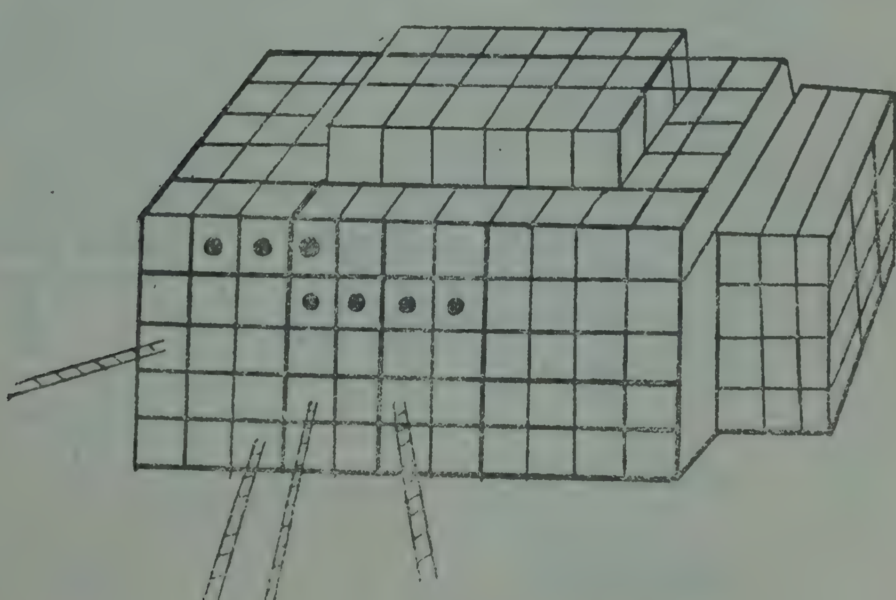
ಬೀಜಕ್ರಿಯಾಕಾರಕದಲ್ಲಿನ ಗಮನೀಯ ಅಂಶಗಳು

ಬೀಜಕ್ರಿಯಾಕಾರಕ — ಪ್ರತಿವರ್ತಕ — ದಲ್ಲಿನ ಈ ಕೆಳಗಿನ ಅಂಶಗಳು ಮೇಲಿನ ವಿಚಾರದಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುತ್ತವೆ. ೧) ವಿದಲನ ಕಾರ್ಯದ ವೇಗವನ್ನು ಹದವಾಗಿಸಬೇಕು— ಮಿತಗೊಳಿಸಬೇಕು. ೨) ಇದರಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಅದ್ಭುತ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಹೀರುವ, ಇಲ್ಲವೆ ಶೀತಲೀಕರಿಸುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯೂ ಅತ್ಯಗತ್ಯ. ೩) ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ವೇಗವನ್ನು ನಿರೋಧಿಸಬೇಕು, ಇವು ಮಂದವೇಗದಲ್ಲೇ ಹೋಗಿ ಬೀಜಗಳನ್ನು

ಹೊಡೆಯುವಂತಾಗಬೇಕು; ಇನ್ನು ಇವುಗಳು ಅಧಿಕಗೊಳ್ಳುವ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಸಾಕಷ್ಟು ಮಿತಗೊಳಿಸಲೇಬೇಕು ೪) ಇನ್ನು ಬೀಜಕ್ರಿಯಾ ಕಾರಕದಲ್ಲಿ ಬೀಜಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳು ಜರುಗುವಾಗ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಗಾಮಾ ಕಿರಣ, X ಕಿರಣದಂಥ ವಿಕೀರ್ಣಗಳನ್ನು ಅವು ಹಾನಿಪ್ರದವಾಗದಂತೆ ಅಲ್ಲಲ್ಲೇ ಸೂಕ್ತ ಅಡೆತಡೆಗಳಿಂದ ಹೀರಿಬಿಡತಕ್ಕದು; ಎಂದರೆ, ಈ ಬಗ್ಗೆ ಯಂತ್ರದ ಸುತ್ತಲೂ ಕಾಂಕ್ರೀಟು ಗೋಡೆಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿ ಇವನ್ನೆಲ್ಲ ಹೀರಿಬಿಡತಕ್ಕದು. ೫) ಕೊನೆಯದಾಗಿ, ಬೀಜಕ್ರಿಯಾಕಾರಕದಲ್ಲಿ ವಿದಲನಾನಂತರದಲ್ಲಿ ಲಭಿಸುವ ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯಾಶೀಲಲಬ್ಧ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ಹೊರಗಿನಿಂದಲೇ ಗುರುತಿಸಿ, ದೂರದಿಂದಲೇ ಅವುಗಳನ್ನು ಹೆಕ್ಕಿ ತೆಗೆಯತಕ್ಕದು. ಬೂದಿಯನ್ನು ದಹನಾನಂತರದಲ್ಲಿ ಒಲೆಗಳಿಂದ ತೆಗೆಯುವುದಿಲ್ಲವೆ? ಹಾಗೆಯೇ, ಇಂಥ ರೇಡಿಯೋ ಆಕ್ಟಿವ್ ಲಬ್ಧಗಳನ್ನು ಹೆಕ್ಕಿ ತೆಗೆಯುವುದು ಅತ್ಯವಶ್ಯ.

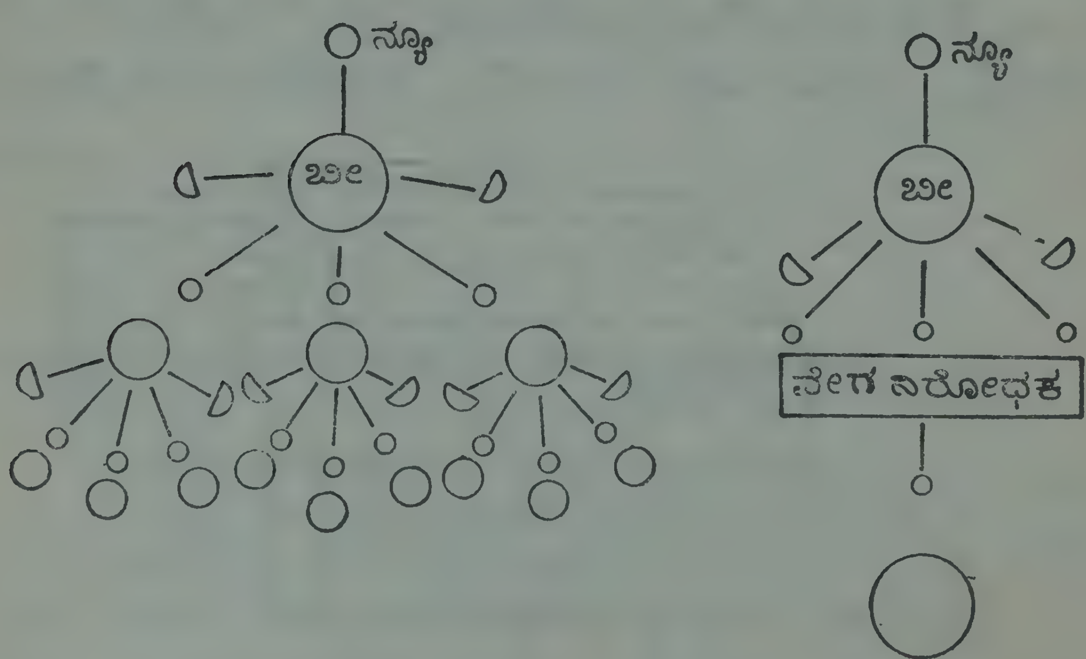
ಯುರೇನಿಯಂ ಬಟ್ಟಲು (Uranium pile)

ಈ ಮೇಲಿನ ತತ್ವಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಈ ಕೆಳಗೆ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ. ಇದರ ಹೊರಗೆ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಾಣಿಸದೆ ಇರುವ ಕಾಂಕ್ರೀಟು



ಚಿತ್ರ : ೧೬ ಯುರೇನಿಯಂ ಬಟ್ಟಲು

ಗೋಡೆಗಳಿವೆ. ಇವುಗಳೊಳಗೆ ದಪ್ಪನಾದ ಇಂಗಾಲದ ಗಟ್ಟಿಗಳಿವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಬಟ್ಟಲಿದ ಉರುವಲಾದ ಯುರೇನಿಯಂನ್ನು ತುಂಬಲು ಇಲ್ಲವೆ ತೆಗೆಯಲು ಅನುಕೂಲವಾದ ಟೊಳ್ಳು ರಂಧ್ರಗಳಿವೆ. ಇಂಗಾಲದ ಗಟ್ಟಿಗಳ ನಡುವೆ ಅಲ್ಯುಮಿನಿಯಂನ ತೆಳ್ಳನಾದ ಹಾಳೆಗಳ ನಡುವೆ ಮಡಚಿಡಲಾದ ಯುರೇನಿಯಂ 235 ಧಾತುವೂ ಇದೆ. ಇಂಥ ಬಟ್ಟಲಿನ ತಾಪವು ಏರದಂತೆ ಹಲವು ಟೊಳ್ಳುಗಳಲ್ಲಿ ಉದ್ದಕ್ಕೂ—ಇವು ನಳಿಗೆಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿರುವ ನಿಮಿತ್ತ—ನೀರು ಹರಿಯುತ್ತಲಿರುತ್ತದೆ. ಇನ್ನೂ ಕೆಲವು ರಂಧ್ರಗಳ ಮೂಲಕ ಇಂಗಾಲದ ಇಲ್ಲವೆ ಕ್ಯಾಡ್ಮಿಯಂ (Cadmium) ಸರಳುಗಳನ್ನೂ ಹುದುಗಿಸಿಡಲಾಗಿದೆ. ಇವನ್ನು ಬೇಕಾದಂತೆ ಒಳಭಾಗಕ್ಕೆ ತಳ್ಳಬಹುದು, ಹೆಚ್ಚು ಇಲ್ಲವೆ ಕಡಮೆ ಭಾಗವನ್ನು ಒಳಕ್ಕೆ ತಳ್ಳುತ್ತ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂಚಯುವನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸಿ ಇದರಿಂದ ಸರಪಣಿಕ್ರಿಯೆ ಯನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸಲಾಗುವುದು. ಪರಮಾಣುಶಕ್ತಿಯ ಬದಲು ಇಂಥ ಬಟ್ಟಲಿನಿಂದ ರೇಡಿಯೋ ಐಸೋಟೋಪುಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು. ಅಂದರೆ ಇಂಥ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಅಲ್ಯುಮಿನಿಯಂ ಹಾಳೆಗಳೊಳಗೆ ತಕ್ಕ



ಅನಿಯಂತ್ರಿತ ನಿಯಂತ್ರಿತ

ಚಿತ್ರ : ೧೭ ಸರಪಣಿಕ್ರಿಯೆ

ವಸ್ತುಗಳ ಸಂಯುಕ್ತಗಳನ್ನು ಇಡಲಾಗುವುದು. ಬೀಜಕ್ರಿಯೆಗಳಿಂದ ಗಾಮಾಕಿರಣಗಳು ಬಿಡುಗಡೆಗೊಂಡರೆ, ಅವುಗಳಿಂದ ಹಾನಿ ತಟ್ಟದಿರಲು ತಕ್ಕ ಗೋಡೆಗಳಿವೆಯಷ್ಟೆ. ಆದರೂ ದೂರದಿಂದಲೇ, ಎಂದರೆ ಹೊರಗಿನಿಂದಲೇ ಈ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಜೋಡಿಸುವ, ಹತ್ತಿರ ತರುವ, ದೂರ ಕೊಂಡೊಯ್ಯುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸಿಕೊಂಡೇ ಬೇಕಾದಾಗ ಮಾತ್ರ ಇಂಥ ಕಾರ್ಯಗಳನ್ನು ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇಂದಿನ ದಶಕದಲ್ಲಾದರೋ ಇಂಥ ಬಟ್ಟಲುಗಳಿಂದಲೇ ಹೆಚ್ಚಿನ ಐಸೋಟೋಪುಗಳನ್ನು ಕೃತಕ ಧಾತು ಪರಿವರ್ತನೆಗೊಳಿಸಿ ಪಡೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಅಧ್ಯಾಯ ೫

ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳ ಪ್ರತ್ಯೇಕೀಕರಣ ಮತ್ತು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚುವ ವಿಧಾನಗಳು

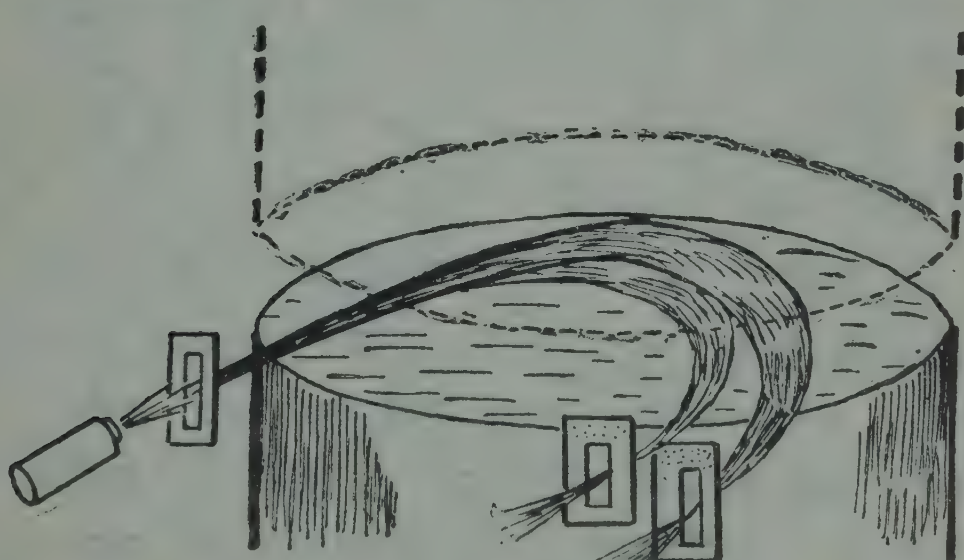
ಒಂದೇ ಮೂಲಧಾತುವಿನ ವಿವಿಧ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು ಏಕ ಪ್ರಕಾರದ ರಾಸಾಯನಿಕ ಲಕ್ಷಣವುಳ್ಳವುಗಳು; ಎಂದರೆ ಇವೆಲ್ಲವುಗಳ ಕೇಂದ್ರೇತರ ರಚನೆಯೂ ಏಕಪ್ರಕಾರವಾಗಿದೆ; ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿದ್ದು ಇವುಗಳ ತೂಕಗಳು ಅಲ್ಪಸ್ವಲ್ಪ ವ್ಯತ್ಯಾಸವುಳ್ಳವುಗಳು. ಈ ಅಂತರಗಳು ಸಾಮಾನ್ಯ ತೂಕವು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆ ಅತ್ಯಲ್ಪವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಲಂತೂ ಇಂಥ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸುವ ವಿಚಾರವು ನಮ್ಮ ಗಮನವನ್ನು ಸೆಳೆಯುತ್ತದೆ.

ಇಂಥ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸುವ ಮೊತ್ತಮೊದಲ ವಿಧಾನವನ್ನು ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಲಾಗಿದೆ. ಒಂದು ಧಾತುವಿನ ವಿವಿಧ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಆಸ್ಟನ್ ರಚಿಸಿದ ಮಾಸ್ ಸ್ಪೆಕ್ಟ್ರೋಗ್ರಾಫ್ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಬಲ್ಲುದು. ಇದರಲ್ಲಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ತೂಕವುಳ್ಳ ಕಣಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ಪ್ರಪ್ರತ್ಯೇಕ ಕಣಗಳಲ್ಲೇ ಇದು ಹಾಯಿಸಿ ಗುರುತಿಸುತ್ತದೆ ಅವನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರೇನು, ಈ ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಮೂಲವಸ್ತುಗಳು ಬಹಳ ವಿರಳವಾಗಿವೆ. ಕಾರಣ, ಇಲ್ಲಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕಗೊಳ್ಳಬಹುದಾದ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪರಿಮಾಣದವುಗಳು ಎಂದು ಬೇರೆ ಹೇಳುವ ಅವಶ್ಯವಿಲ್ಲ.

ಕಾಲುಟ್ರಾನ್ (Calutron)

ಭಾರವಾದ ಯುರೇನಿಯಂನ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ತೆಳುವಾದ ಕಾಷ್ಠದಲ್ಲಿ ಕಳುಹುವುದು ದುಸ್ಸಾಧ್ಯವೇ. ಆದುದರಿಂದ ಆಸ್ಟನನ ಉಪ

ಕರಣದ ಬದಲು ಲಾರೆನ್ಸ್ ಎಂಬವನು 1941ರಲ್ಲಿ ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯಾ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಲ್ಲಿ California University Tron ಎಂಬ —ಸೂಕ್ಷ್ಮರೂಪವೇ ಕಾಲುಟ್ರಾನ್— ಉಪಕರಣವನ್ನು ರಚಿಸಿದನು. ಇದರಲ್ಲಿ ಧನವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಪಡೆದ ಅಯೋಣುಗಳು 1 ಎಂಬಲ್ಲಿಂದ ಹೊರಡುತ್ತವೆ. ಅನಂತರ 2 ಎಂಬ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಕಿಟಕಿಯ ಮೂಲಕ ಹಾದು ತೆಳು ಗಾತ್ರದ ಕಾಷ್ಠವಾಗಿ ಮುಂದರಿಯುತ್ತ 3 ಎಂದು ತೋರಿಸಲಾದ ಕಾಂತಧ್ರುವಗಳಿಂದ ಏರ್ಪಡುವ ಎಲ್ಲ — ತೀವ್ರತನು (Intense) — ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ತಮ್ಮತಮ್ಮ ಋಜುಪಥವನ್ನು ತ್ಯಜಿಸಿ ಬಾಗಿದ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಮುಂದರಿಯುತ್ತವೆ. ಇಂಥ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಮುಂದುವರಿದಾಗ ವಿವಿಧ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳ ಮೇಲಣ ಆಕರ್ಷಕ ಬಲವು ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾದ ಕಾರಣ ಇವು ಒಂದರಿಂದೊಂದು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲ್ಪಟ್ಟು ವಿವಿಧ ಮಾರ್ಗಗಳಲ್ಲಿ ವಕ್ರಿಸುತ್ತ ವಿವಿಧ ಕಿಂಡಿಗಳ ಮೂಲಕ (3, 4) ಹೊರಹೊಮ್ಮುತ್ತವೆ ಇದು ಬಹಳ ಮೆಲ್ಲನೆ ಸಾಗುವ ಕಾರ್ಯ. ಈ ಉಪಕರಣವು ನೂರುಗಟ್ಟಳೆ ವರ್ಷ ಕಾರ್ಯಪ್ರವೃತ್ತವಾದರೇನೇ ಇದರಲ್ಲಿ ರಾತ್ಲುಗಟ್ಟಳೆ ಯುರೇನಿಯಂ 235 ಯುರೇನಿಯಂ 238 ರಿಂದ ಪ್ರತ್ಯೇಕಗೊಳ್ಳಬಹುದು. ಇದೇ ಈ ಉಪಕರಣದ ಊನವಾಗಿದ್ದು ಇದನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಗೆ ಬೆಳೆಸಲಿಲ್ಲ. ಆದರೂ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೂ ಸುಲಭವಾಗಿಯೂ



ಚಿತ್ರ : ೧೮ ಕಾಲುಟ್ರಾನ್

ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸುವ ಮೊತ್ತಮೊದಲನೆಯ ಯಂತ್ರ ವೆನಿಸಿತು.

ವಿದ್ಯುತ್ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳ ಪ್ರತ್ಯೇಕೀಕರಣ

ಸ್ಪಂದನಶೀಲ ವಿದ್ಯುತ್ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಮೂಲಕ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಪಡೆದಿರುವ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಚೂಪಾದ ಮತ್ತು ಸಾಂದ್ರವಾದ ಕಾಷ್ಠಗಳನ್ನು ಕಳುಹಿಸಿದಾಗ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ತೂಕವುಳ್ಳ ಕಣಗಳು ಪ್ರಪ್ರತ್ಯೇಕ ಕಾಷ್ಠಗಳಲ್ಲೂ ಪಥಗಳಲ್ಲೂ — ಅಂದರೆ ಒಂದೇ ತೂಕದ ಕಣಗಳ ಕಾಷ್ಠವೂ — ಮುಂದರಿಯುವುದನ್ನು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಈ ತತ್ವವನ್ನು ಬಳಸಲಾದ ಯಂತ್ರವೇ ಐಸೊಟ್ರಾನ್ (Isotron).

ಅನಿಲಗಳ ವಿಸರಣದ ವಿಧಾನ

ವಿವಿಧ ತೂಕದ ಮತ್ತು ಸಾಂದ್ರತೆಯ ಅನಿಲಗಳು ಬೆರೆತಿರುವಾಗ ಅವು ವಿಶಿಷ್ಟ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅಭಿವ್ಯಾಪನೆ ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಅಭಿವ್ಯಾಪನೆ ಹೊಂದುತ್ತ ಇವು ತಮತಮಗನುಗುಣವಾದ ವೇಗಗಳಲ್ಲಿ ಬೆರೆಯುತ್ತವೆ. ಇಂಥ ಅಭಿವ್ಯಾಪನೆ ಇಲ್ಲವೆ ಅಂತರ್ವಿಸರಣದ (Inter diffusion) ವೇಗಗಳು ಆಯಾಯ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆಗಳ ವಿರುದ್ಧ ವರ್ಗ ಮೂಲ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿವೆ. ಆಕ್ಸಿಜನ್ ಮತ್ತು ಹೈಡ್ರೊಜನ್‌ಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆಗಳು 46 : 1 ರಂತಿವೆ. ಇವು ವಿಸರಣಗೊಳ್ಳುವ ವೇಗಗಳು $\sqrt{1:16}$ ಇಲ್ಲವೆ 1 : 4 ರಂತಿವೆ. ಕಡಮೆ ಸಾಂದ್ರತೆಯ ಧಾತು ವೇಗತರವಾಗಿಯೂ ಹೆಚ್ಚು ಸಾಂದ್ರತೆಯ ಧಾತು ಮೆಲ್ಲಗೂ ಧಾವಿಸುತ್ತವೆ. ಅನಿಲ ಇಲ್ಲಿ ಆವಿರೂಪದಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ಧಾತ್ವಣುಗಳನ್ನು ಪಡೆದು ಏಕತ್ರ ಇರಿಸಿದರೂ ಇವು ಇಂಥದೇ ವೇಗದಿಂದ ಪುನರ್ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಪಡೆದು ಹಂಚಿ ಹೋಗುತ್ತವೆ. ನಿಯೋನ್ 22ನ್ನು ನಿಯೋನ್ 20ರ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯದಿಂದ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲು ಇದೇ ವಿಧಾನವನ್ನು ಸುಮಾರು ಐವತ್ತು ಬಾರಿ

ಬಳಸಲಾಯಿತು. ಇದರ ಫಲವಾಗಿ ತುಸು ಪ್ರತ್ಯೇಕೀಕರಣವನ್ನು ಆಸ್ಟನು ಸಾಧಿಸಿದನು. ಯುರೇನಿಯಂ 235 ನ್ನು ಯುರೇನಿಯಂ 238 ರಿಂದ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲು ಇಂಥದೇ ವಿಸರಣ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು 4000 ಬಾರಿ ಯಾದರೂ ನಡೆಸುವ ಅವಶ್ಯವಿದೆ ಎಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿತು.

ತಾಪಪ್ರವಣ (Temperature Gradient) ವಿಧಾನ

ಒಂದು ಲೋಹದ ಸರಳಿನ ಒಂದು ತುದಿಯನ್ನು ಅಗ್ನಿಜ್ವಾಲೆ ಯಲ್ಲಿಟ್ಟಾಗ ಅದು ತಾಪವೇರುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಅನಂತರ ಆ ಸರಳಿನ ಉದ್ದಕ್ಕೂ ಹದವಾಗಿ ತಾಪವೇರುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಕೆಲವು ಕಾಲ ಬಿಸಿ ಮಾಡಿದಾಗಲೂ ಜ್ವಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಹುದುಗಿರುವ ಭಾಗದಿಂದ ಸರಳಿನ ಉದ್ದಕ್ಕೂ ಉಷ್ಣವು ಹರಿಯುತ್ತದೆ; ಹೀಗೆ ಹರಿಯುವ ಉಷ್ಣವು ಆಯಾಯಾ ಭಾಗದ ಹೊರಮೈಯಿಂದ ಹೊರಗೆ ವಿಕೀರ್ಣಗೊಳ್ಳುವ ಉಷ್ಣಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿದೆ. ಅಂತೂ ಸರಳಿನ ಉದ್ದಕ್ಕೂ ತಾಪದ (temperature) ಪ್ರವಣವೊಂದು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇದು ಗಟ್ಟಿ ಆಕಾರ ದಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲೇರ್ಪಡುವ ತಾಪಪ್ರವಣ. ಹೀಗೆಯೇ ಅನಿಲರೂಪ ದಲ್ಲಿನ ಬೆರಕೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಇಂಥದೇ ತಾಪಪ್ರವಣವೊಂದನ್ನೇರ್ಪಡಿಸಿದರೆ ಆಗ ತಾಪವು ಹೆಚ್ಚಿರುವುದಲ್ಲದೆ ಕಡಮೆ ತೂಕದ ಅಣುಕಣಗಳಾಗಿ ಹೋಗಿ ಕಲೆತುಕೊಳ್ಳುವುವು ಎಂಬುದನ್ನು ಕ್ಲೂಸಿಯಸ್ ಮತ್ತು ಡಿಕೆಲ್ (Dickel) ಎಂಬವರು ಕಂಡುಹಿಡಿದರು. ಹೀಗೆ ಹೈಡ್ರೋಕ್ಲೋರಿಕ್ ಆಮ್ಲವನ್ನು ಒಂದು ನಳಿಗೆಯಲ್ಲಿ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಸುತ್ತಲೂ ಇದನ್ನು ಶೀತಲ ನೀರಿನಾವರಣದಲ್ಲಿರಿಸಿ, ನಳಿಗೆಯ ಸರಿನಡುವೆ ಉದ್ದಕ್ಕೂ ಇರಿಸ ಲಾದ ನಳಿಗೆಯೊಂದನ್ನು 660°C ತನಕ ಕಾಯಿಸಿದರೆ ಆಗ ನಳಿಗೆಯ ಅಗಲಕ್ಕೇರ್ಪಡುವ ತಾಪಪ್ರವಣದ ದೆಸೆಯಿಂದ ಭಾರ ಮತ್ತು ಹಗುರ ವಾದ ಕ್ಲೋರೀನಿನ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯುಗಳು ಪ್ರತ್ಯೇಕಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಹಗುರ ವಾದ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯವು ನಳಿಗೆಗೆ ಸಮೀಪವಾಗಿಯೂ, ಭಾರವಾದ ಅನಿಲವು ನಳಿಗೆಯ ಹೊರ ಅಂಚಿನಲ್ಲೂ ಸಂಚಿತವಾಗುವುದನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ

ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಈ ತಾಪದ ಪ್ರವಣದ ಕಾರಣದಿಂದ ದ್ರವಗಳೂ, ದ್ರವಮಿಶ್ರಣಗಳೂ, ಅನಿಲಮಿಶ್ರಣಗಳೂ ಹೀಗೆಯೇ ಬೇರಾಗಬಹುದು. ಅಂತೂ ಈ ತನಕ ಇಂಥ ವಿಧಾನದಿಂದಲೇ ಇಂಗಾಲ, ನಿಯೋನ್, ಕ್ಸೆನಾನ್, ಕ್ರಿಪ್ಟಾನ್, ಆಮ್ಲಜನಕ ಮೊದಲಾದ ಧಾತುಗಳ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಕೇಂದ್ರಾಪಗಮ ತಳ್ಳುವಿಕೆಯ ವಿಧಾನ

ವಿವಿಧ ಸಾಂದ್ರತೆಯ ದ್ರವಗಳನ್ನೂ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳ ಬೆರಕೆಗಳನ್ನೂ ಒಂದೇ ಸ್ತಂಭದಲ್ಲಿ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದನ್ನು ವೇಗವಾಗಿ ತನ್ನ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತಲೂ ಭ್ರಮಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿದಾಗ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಸಾಂದ್ರತೆಯ ವಸ್ತುಗಳು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ದೂರಗಳನ್ನು ಆಶ್ರಯಿಸುತ್ತ, ಏಕಪ್ರಕಾರದ ಸಾಂದ್ರತೆಯ ವಸ್ತುಗಳು ಅಕ್ಷದಿಂದ ಒಂದೇ ದೂರದಲ್ಲಿ ನಿಲ್ಲುತ್ತವೆ. ಭಾರವಾದ ಕಣಗಳು ಅಕ್ಷದಿಂದ ಬಹಳ ದೂರದಲ್ಲೂ ಬಹಳ ಹಗುರವಾದ ಕಣಗಳು ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ತಾಗಿಕೊಂಡೇ ಎಂಬಂತೆಯೂ ಕಲೆಯುವುವು. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೂ ಸ್ಪಷ್ಟವೇ. ಭಾರವಾದ ಕಣಗಳ ಮೇಲಣ ಕೇಂದ್ರಾಪಗಮ (centrifugal) ಬಲವು ಹೆಚ್ಚು. ಆದುದರಿಂದಲೇ ಇವು ಹೆಚ್ಚು ದೂರದ ತನಕ ವ್ಯಾಪಿಸಿ ನಿಲ್ಲುವುವು ಹೀಗೆ ಪ್ರತ್ಯೇಕಗೊಂಡ ಅನಿಲ ರೂಪದ ಕಣಗಳನ್ನು ಪರಸ್ಪರ ವಿರುದ್ಧವಾದ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಹರಿಯಗೊಟ್ಟು ಆ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಧಾನವನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ಕ್ಲೋರಿನ್, ಬ್ರೋಮಿನ್‌ಗಳ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲಾಗಿದೆ.

ವಿದ್ಯುದ್ವಿಶ್ಲೇಷಣ ವಿಧಾನ

ಯುರೇ ಮತ್ತು ಟೇಲ್ (Urey andTeal) ಎಂಬಿಬ್ಬರು ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸುವ ಇನ್ನೊಂದು ವಿಧಾನವನ್ನು

ಯೋಜಿಸಿಕೊಂಡಿದ್ದಾರೆ. ಯಾವುದಾದರೂ ದ್ರಾವಣದ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಸಿದಾಗ ದ್ರಾವಣದ ಅಣುವಿನ ಕಣಗಳು ಧನ ಮತ್ತು ಋಣ ಅಯೋಣುಗಳಾಗಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕಹೊಂದುತ್ತವೆ. ನೀರಿನ ಮೂಲಕ ಹರಿಸಿದಾಗ ನೀರು ಜಲಜನಕ ಮತ್ತು ಆಮ್ಲಜನಕವಾಗಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಜಲಜನಕದ ಅಯೋಣುಗಳಲ್ಲಿ ಧನವಿದ್ಯುತ್ತು ಇರುವ ಕಾರಣ ಇದು ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವು ಹೊರಗೆ ಹರಿಯುವ ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ವಾಹಕಕ್ಕೂ, ಇದರ ಸರಿವಿರುದ್ಧ ಕಾರಣದಿಂದ ಆಕ್ಸಿಜನ್ ಏನೋಡಿಗೂ ಧಾವಿಸುತ್ತವೆ. ನೀರಿನ ಜಲಜನಕದೊಡನೆ ಭಾರತರ ಜಲಜನಕವೂ ಇದ್ದೇಇರುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯ ಜಲಜನಕವೆಲ್ಲವೂ ಮರೆಯಾದನಂತರವೇ ಇದು ನಿಃಸತ್ವವಾಗುವಂಥದು. ಕಾರಣ, ಈ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹದ ಅಪರಿಮಿತ ವ್ಯಯವೂ ಅಲ್ಲದೆ ಇದೇ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಮತ್ತೂ ಮತ್ತೂ ನಡೆಸುವ ಆವಶ್ಯಕತೆಯೂ ಬೀಳುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಈ ವಿಧಾನವು ಬಹಳ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡಲಿಲ್ಲ. ಆದರೂ ಇಷ್ಟುರತನಕ ಹೈಡ್ರೋಜನ್‌ನ $_1H^1$ ಮತ್ತು $_1H^2$ ಇವುಗಳ ಪ್ರತ್ಯೇಕೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಇದೇ ಮೊದಲನೆಯ ಅತ್ಯಂತ ಯಶಸ್ವಿಯಾದ ವಿಧಾನ. ಇದನ್ನು ಅನಂತರ ಆಕ್ಸಿಜನ್‌ನ ರೂಪಗಳ ಪ್ರತ್ಯೇಕೀಕರಣದಲ್ಲೂ ಹಾಗೆಯೇ ಲಿಥಿಯಂನ ರೂಪಗಳ ಪ್ರತ್ಯೇಕೀಕರಣ ಕಾರ್ಯದಲ್ಲೂ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಭಿನ್ನಸ್ವೇದನ (fractional distillation) ವಿಧಾನ

ಸಾಮಾನ್ಯ ನೀರು 76 ಸೆ. ಮೀಟರ್ ಪಾದರಸ ಕಾಂತದ ಒತ್ತಡದ ಸನ್ನಿವೇಶದಲ್ಲಿ 100°C ತಾಪದಲ್ಲಿ ಕ್ವಥನಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಇದರ ಆವಿಯನ್ನು ಇಷ್ಟರ ತಾಪದಲ್ಲಿ ಸ್ವೇದನಗೊಳಿಸಬಹುದು. ಆದರೆ ಭಾರತರ ನೀರು (heavy water) ಎಂದರೆ, ಹೈಡ್ರೋಜನ್‌ನ ಬದಲು ಡ್ಯೂಟೇರಿಯಂನ್ನೊಳಗೊಂಡ ನೀರು ತಾನು ಇಂಥದೇ ಸನ್ನಿವೇಶದಲ್ಲಿ 101·4°C ತಾಪದಲ್ಲಿ ಕುದಿಯುವಂಥದು. ಹೀಗೆ ನೀರನ್ನು ಕುದಿಸಿದಾಗಲೂ ಮೊತ್ತ

ಮೊದಲು ಸಾಮಾನ್ಯ ನೀರೆಲ್ಲವೂ ಕುದಿದು ಆವಿಯಾದನಂತರವೇ ಭಾರತರ ನೀರು ಕ್ವಥನಗೊಳ್ಳುವುದು. ಇಂಥ ವಿಧಾನವನ್ನು ಯುರೇ ಮತ್ತು ಆತನ ಸಂಗಡಿಗರು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಡ್ಯೂಟೇರಿಯಂನ್ನು ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ನಿಂದಲೂ, ಮುಂದೆ ನಿಯೋನ್, ಕ್ಲೋರಿನ್, ಪೊಟಾಸಿಯಂ ಮೊದಲಾದ ಧಾತುಗಳ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನೂ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಿದರು. ಆದರೂ, ಇಂದಿಗೂ ಇದೇನೂ ಹಿಂದೆ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿದ ಇತರ ವಿಧಾನಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಶಸ್ತಿಯನ್ನು ದೊರಕಿಸಲಿಲ್ಲ.

ರಾಸಾಯನಿಕ ವಿನಿಮಯ ವಿಧಾನ

ಒಂದೇ ಧಾತುವಿನ ವಿವಿಧ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳೆಲ್ಲವೂ ಏಕಪ್ರಕಾರದ ರಾಸಾಯನಿಕ ಲಕ್ಷಣವುಳ್ಳವುಗಳು. ಆದರೇನು ? ರಾಸಾಯನಿಕ ಬದಲಾವಣೆಗಳು ಜರುಗುವಾಗಲೂ ಇವೆಲ್ಲವೂ ಏಕಪ್ರಕಾರವಾದ ವೇಗದಿಂದಲೇ ಇಂಥ ಕಾರ್ಯಗಳಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಹೀಗೆ ರಾಸಾಯನಿಕ ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದುವ ವೇಳೆ ಈ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳ ಪರಸ್ಪರ ವಿನಿಮಯ ಕಾರ್ಯವು (exchange) ಜರುಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಇವು ವಿನಿಮಯಗೊಳ್ಳುತ್ತಲಿದ್ದಂತೆ ಇವನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲು ಬರುತ್ತದೆ. ನೀರು ಎಂದರೆ ಜಲಜನಕದ ಆಕ್ಸೈಡು. ಡ್ಯೂಟೇರಿಯಂ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಎಂದರೆ ಭಾರತರ ಜಲಜನಕದ ಆಕ್ಸೈಡ್. ಹೀಗೆ ಜಲಜನಕದ ಅಣು ದ್ರವ ರೂಪದ ಡ್ಯೂಟೇರಿಯಂ ಆಕ್ಸೈಡ್‌ನೊಡನೆ ಬೆರೆಯುವಾಗಲೂ ಡ್ಯೂಟೇರಿಯಂ ನೀರಿನಿಂದ ಪ್ರತ್ಯೇಕಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯ ಜಲಜನಕವಷ್ಟೇ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ.

ಜಲಜನಕ (ಅನಿಲ) + ಭಾರತರ ನೀರು (ದ್ರವ).
(ಡ್ಯೂಟೇರಿಯಂ ಆಕ್ಸೈಡ್)
$\rightarrow$ ಡ್ಯೂಟೇರಿಯಂ (ಅನಿಲ) + ನೀರು

ಹೀಗೆ ಹೈಡ್ರೋಜನ್‌ನ 2 ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು ಬಹಳ ವಿಚಿತ್ರವಾಗಿ ಎಂಬಂತೆ ಪ್ರತ್ಯೇಕಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಇಂಥ ಸ್ಥಾನಗಳ ಪಲ್ಲಟ ಕ್ರಮ

ವನ್ನಾಧರಿಸಿ ಸಾರಜನಕ14, ಸಾರಜನಕ15, ಎಂಬ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನೂ ಹಾಗೆಯೇ ಇಂಗಾಲ12, ಇಂಗಾಲ13 ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನೂ ಪ್ರತೀಕಿಸಲಾಗಿದೆ.

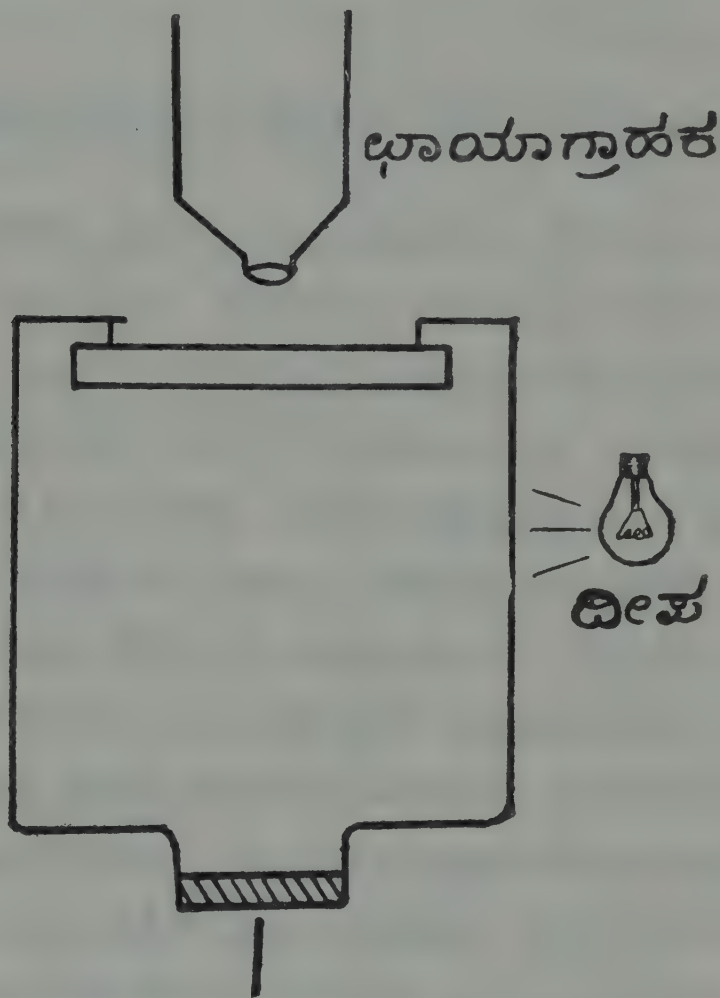
ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸುವ ಉಪಕರಣಗಳು

ಬೇರಿಯಂ ಸಲ್ಫೈಡ್ ಮತ್ತು ಜಿಂಕ್ ಸಲ್ಫೈಡ್‌ಗಳನ್ನು ಸವರಿದ ಫಲಕಗಳ ಮೇಲೆ ವೇಗವಾಗಿ ಧಾವಿಸುವ ಆಲ್ಫಾಕಣಗಳು ಬಿದ್ದಾಗ ಕ್ಷಣಿಕ ಮಿನುಗುವಿಕೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತವೆ. ಇದು ಕ್ಷಣಕ್ಷಣಕ್ಕೂ ಕ್ಷೀಣಪ್ರಕಾಶವನ್ನೇ ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತಿದ್ದರೂ, ಇಂಥ ಕಣವು ಹೊಡೆದಾಗ ಮಾತ್ರ ಇಂಥ ಮಿನುಗುವಿಕೆಯು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನಾಧರಿಸಿ ನಾವು ಕಣದ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನೂ ಹಾಗೆಯೇ ಅದರ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನೂ ತಿಳಿಯಲು ಬರುತ್ತದೆ. ಇಂಥ ಕ್ಷೀಣ ಪ್ರಕಾಶದ ಮಿನುಗುವಿಕೆಯನ್ನು ಕಾಣುವುದು, ಗುರುತಿಸುವುದು ಕಷ್ಟ ಸಾಧ್ಯವೇ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದ ಇಂಥ ಕ್ಷಣಿಕ ಮಿಂಚುಗಳನ್ನು ಪ್ರಭಾವಿದ್ಯುತ್ಕೋಶ (Photo Electric cell) ವೊಂದರ ಸಹಾಯದಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆಗೊಳಿಸಿ ಅವಶ್ಯವಿದ್ದರೆ ಇದನ್ನು ವರ್ಧನೆಗೊಳಿಸಿಯೂ ಗುರುತಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಬರುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಧಾನವು ಬಹಳ ಹಳತೆನಿಸಿದೆ. ಆಧುನಿಕ ವಿಧಾನಗಳು ಹಲವಾರು ಇವೆ. ಕೆಲವನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಬಹುದು.

ವಿಲ್ಸನ್ನನ ಮೇಘಮಂದಿರ

ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ನೀರಾವಿಯು ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿರತಕ್ಕ ಅತ್ಯಂತ ಕ್ಷುದ್ರಕಣಗಳ ಸುತ್ತಲೂ ಹನಿಗೂಡುತ್ತದೆ. ಇಂಥ ಕಣಗಳು ದೂಳಿನ ಕಣಗಳಿರಬಹುದು, ಅಂತರಿಕ್ಷದ ಅನಿಲಗಳ ಅಣುಗಳೂ ಇರಬಹುದು; ಮುಖ್ಯ ಇಂಥ ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳ ಕಣಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಪಡೆದಿದ್ದು

ಅಯೋಣುಗಳಾಗಿದ್ದರೆ ಇವುಗಳ ಸುತ್ತಲೂ ನೀರಾವಿ ಹನಿಗೂಡುವುದಿದೆ. ಈ ತತ್ವವನ್ನೇ ಆಧರಿಸಿ ವಿಲ್ಸನ್ ತನ್ನ ಮೇಘಮಂದಿರವನ್ನು ರಚಿಸಿದನು.

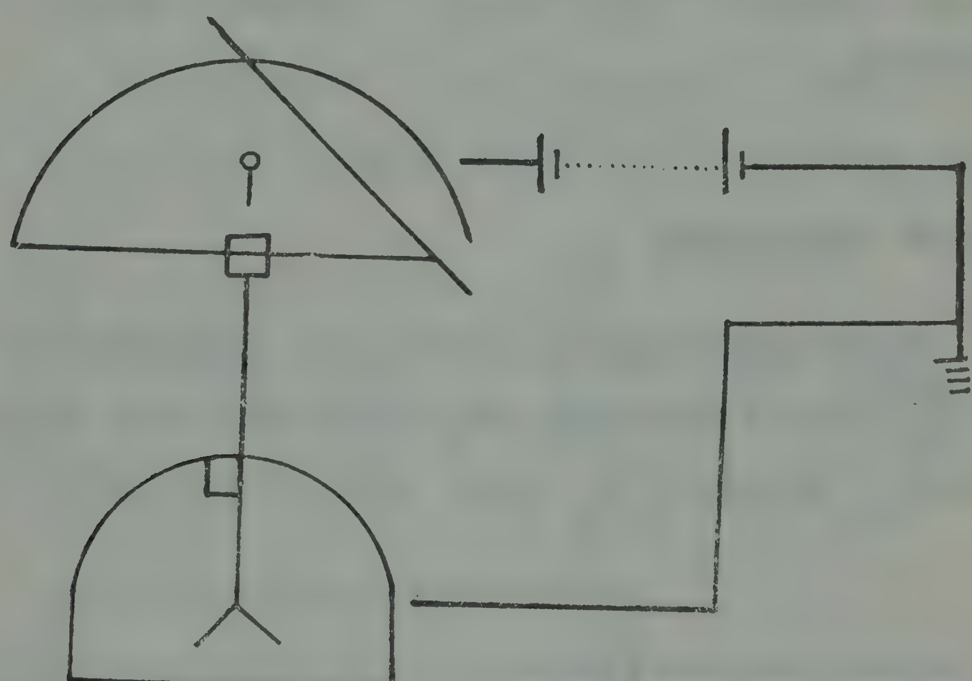


ಚಿತ್ರ : ೧೯ ವಿಲ್ಸನ್ನನ ಮೇಘಮಂದಿರ

ಒಂದಿಷ್ಟು ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಸಂತೃಪ್ತವಾದ ನೀರಾವಿಯು ಆ ಗಾಳಿಯ ಅವಕಾಶವನ್ನು ಫಕ್ಕನೆ ಹೆಚ್ಚಿಸಿದಾಗ ಗಾಳಿ ತಣಿದು ಬಿಡುವ ಕಾರಣದಿಂದ ಅಯೋಣುಗಳ ಸುತ್ತಲೂ ಫಕ್ಕನೆ ಹನಿದುಬಿಡುತ್ತದೆ. ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ವಸ್ತುವಿನ ವಿವಿಧ ವಿಕಿರಣಗಳು ಗಾಳಿಯ ಅಣುಗಳನ್ನು ಅಯೋಣುಗಳನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ. ಇಂಥ ಅಯೋಣುಗಳ ಸುತ್ತಲೂ ನೀರು ಹನಿಗೂಡುತ್ತದೆ. ಆಗ ಈ ಮಂದಿರವನ್ನು ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾದ ಬೆಳಕಿನಿಂದ ಬೆಳಗಿದಾಗ, ಇಂಥ ಅಯೋಣುಗಳ ಇಲ್ಲವೆ ವಿಕೀರ್ಣದಿಂದ ಪರಿಣತವಾದ ಕಣಗಳ ಸಾಲನ್ನೋ ಇಲ್ಲವೆ ಇತರ ಹಂಚಿಕೆಯನ್ನೋ

ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಚಿತ್ರಿಸುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ತಕ್ಕ ಛಾಯಾ ಚಿತ್ರಗಳನು ಪಡೆದು ಚಿತ್ರಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಬರುತ್ತದೆ.

ಇದರಲ್ಲಿನ ಒಳಭಾಗದ ವಾಯುವು 25% ಹಿಗ್ಗಿದಾಗಲೂ ಋಣ ಭಾಜಕವನ್ನು ಪಡೆದ ಅಯೋಣಗಳು ಮುಂದೆ 31% ರಷ್ಟು ಹಿಗ್ಗಿದಾಗಲೂ ಧನಭಾಜಕವನ್ನು ತೋರುವ ಅಯೋಣುಗಳ ಮೇಲೂ ಅನಂತರ ಮತ್ತೂ ಹೆಚ್ಚಿಗೆ ಹಿಗ್ಗಿಸಿದಾಗಲೂ ನೀರು ಸರ್ವತ್ರ ಅಣುಗಳ ಸುತ್ತಲೂ ಹನಿಯುವುದು. ಅಲ್ಲದೆ ಆಲ್ಫಾಕಣಗಳಿಂದ ಪರಿಣತವಾದ ಮಾರ್ಗವು ಛಾಯಾ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಸ್ಪಷ್ಟವೂ ದಟ್ಟವೂ ಮತ್ತು ಋಜುವಾದ ಪಥದಲ್ಲೂ, ಬೀಟಾ ಕಣಗಳಿಂದಲಷ್ಟೇ ಪರಿಣತವಾದ ಅಯೋಣುಗಳು ಅಸ್ಪಷ್ಟ ಮತ್ತು ಅಂಕು ಡೊಂಕಾದ ಪಥಗಳಿಂದಲೂ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲ್ಪಡುವುವು.



ಚಿತ್ರ : ೨೦ ಅಯೋಣುಮಂದಿರ

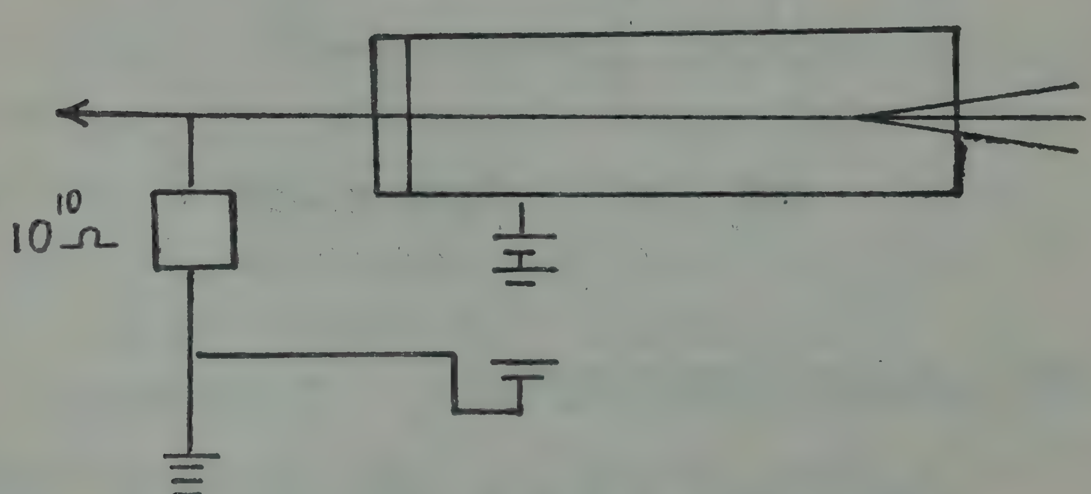
ಅಯೋಣೀಕರಣ ವಿಧಾನ (ಗೃಹ)

ಅಯೋಣೀಕರಣ ಗೃಹವು ಇಂಥ ಇನ್ನೊಂದು ಸಾಧನ. ಇದರಲ್ಲಿ ಭೂಸಂಪರ್ಕವಿರುವ ಪಾತ್ರೆಯೊಂದಿದೆ. ಇದರೊಡನೆ ನೇರವಾದ ಸಂಪರ್ಕ

ವಿಲ್ಲದಿರುವ ಸರಳಿನ ತುದಿಯಲ್ಲಿ ಎರಡು ಸ್ವರ್ಣಪತ್ರಗಳನ್ನು (gold leaf electroscope) ಪಡೆದಿರುವ ವಿದ್ಯುದ್ದರ್ಶಕವಿದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಸರಳಿನ ತುದಿಗೆ ತಗಲಿಸಿದರೆ ಸ್ವರ್ಣಪತ್ರಗಳು ತಾವು ಸಜಾತೀಯ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಪಡೆದು ಪರಸ್ಪರ ವಿಕರ್ಷಣೆಗೊಳಿಸುವ ಕಾರಣದಿಂದ ಸೆಟೆದು ನಿಲ್ಲುವುವು. 100 ವೋಲ್ಟ್ ಒತ್ತಡದ ಸ್ಥಾಯೀ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಮೇಲಿನ ಟೋಪಿಯಾಕಾರದ ಪೆಟ್ಟಿಗೆಗೆ ಆಚ್ಛಾದಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಅಯೋಣೀಕರಿಸುವ ಕಣವೊಂದು ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯೊಳಭಾಗವನ್ನು ಹೊಕ್ಕಾಗ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಆಕರ್ಷಿಸುವ ಕಾರಣ ಉಳಿದೆಡೆಯೆಲ್ಲಾ ಋಣ ಅಯೋಣುಗಳು ಕಲೆಯುತ್ತವೆ, ವಿಪುಲವಾಗುತ್ತವೆ. ಅಂತೂ ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ತು ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರೇರಿಸಲ್ಪಟ್ಟು ತನ್ನ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಸ್ವರ್ಣಪತ್ರಗಳ ಮೂಲಕ ಕಾಣಿಸುತ್ತದೆ. ಇದೇನೂ ಅಷ್ಟು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಮಾಪಕವಲ್ಲ.

ಗೀಗರ್ ಕಣಮಾಪಕ

ಗೀಗರ್ ಮಾಪಕವೂ ಸುಧಾರಿತ ಕ್ರಮದ ಅಯೋಣೀಕರಣ ಗೃಹ. ಇದರಲ್ಲಿ ಲೋಹದ ಸರಳೊಂದು ತನ್ನ ಒಂದು ತುದಿಯಲ್ಲಿ ಉಪಕರಣದ ಹೊರಮೈಗೆ ಜೋಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟು ಅಧಿಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಪಡೆಯು

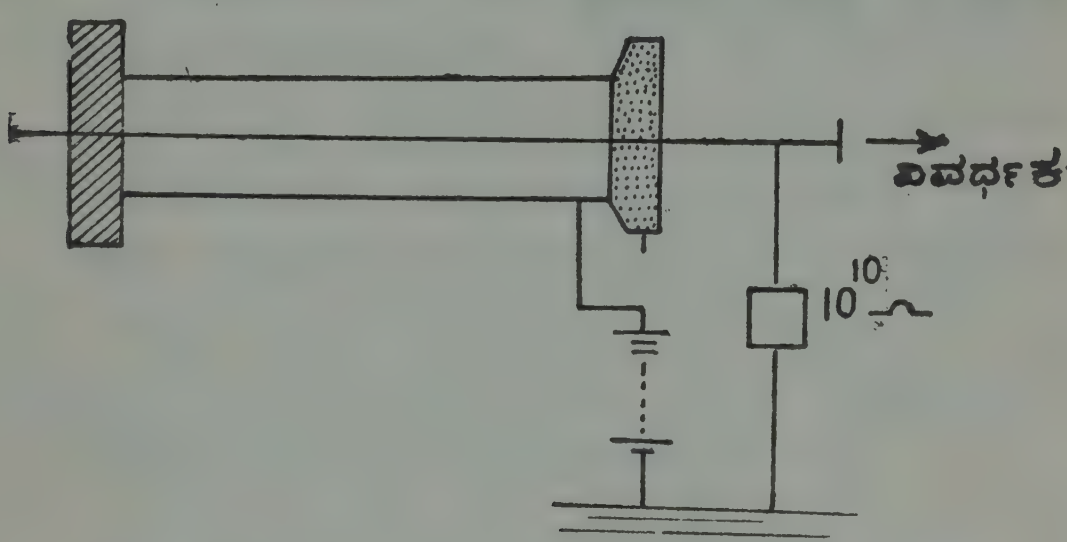


ಚಿತ್ರ : ೨೧ ಗೀಗರ್ ಕಣಮಾಪಕ

ತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದ ಈ ಸರಿಗೆಯ ಸುತ್ತಲೂ ಪ್ರಭಾವಶಾಲಿಯಾದ ಸ್ಥಾಯೀ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವು ರಚಿಸಲ್ಪಟ್ಟರೂ ಅದು ಈ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ಕಣಗಳ ಮೇಲೆಲ್ಲಾ ತನ್ನ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು ತೋರುವುದು. ಅದರ ಕಾರಣದಿಂದ ಉದ್ದಕ್ಕೂ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಸೀಳಲ್ಪಟ್ಟು ಅವುಗಳ ನೇರಾದ ಪ್ರವಾಹವೊಂದು ಮುಂದುವರಿದಂತೆ ಭಾಸವಾಗುವುದು. ಥಕ್ಕನೆ ಇದರ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರದ ತೀವ್ರತೆಯು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಮೆಯಾದಂತೆ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯೂ ಹೆಚ್ಚು ಕಡಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರಣ ದಿಂದ ಪ್ರಭಾವಶಾಲಿಯಾದ ಒಂದೇ ಒಂದು ಕಣವನ್ನೂ ಇದು - ಈ ಉಪಕರಣವು— ತೋರದೆ ಇರದು.

ಗೀಗರ್‌ಮುಲ್ಲರ್ ಮಾಪಕ

ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಅಧಿಕವಾಗಿ ಬಳಸಲ್ಪಡುತ್ತಲಿರುವ ಸಾಧನವು ಇದೇ. ಇದರ ತತ್ವವೂ ಹಿಂದಿನ ಸಾಧನದ ತತ್ವವೇ ಆಗಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಹಿಂದಿನ



ಚಿತ್ರ : ೨೨ ಗೀಗರ್‌ಮುಲ್ಲರ್ ಮಾಪಕ

ಸಾಧನದ ತುದಿ ಮೊನಚಾಗಿರುವ ಸರಿಗೆಯ ಬದಲು ಉದ್ದನಾದ ಸರಿಗೆ ಯೊಂದಿದೆ. ನಳಿಗೆಯೊಳಗೆ ಆರ್ಗೊನ್ ಮತ್ತು ಮದ್ಯಸಾರ (Alcohal)ಗಳ ಅತಿದುರ್ಬಲ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿನ ಮಿಶ್ರಣವನ್ನು ಪಡೆದು, ಈ

ಸರಿಗೆಯನ್ನು ಪ್ರಬಲ ವಿದ್ಯುನ್ನಿರೋಧಕದೊಡನೆ ಜೋಡಿಸಿ, ಹೊರ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ನಳಿಗೆಯನ್ನು ಸುಮಾರು 1000 ವೋಲ್ಟ್ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಆಗಲೋ ಈ ಒತ್ತಡಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿಯೇ ಒಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಉತ್ಪತ್ತಿಗೊಳ್ಳುವುವು. ಇಲ್ಲಿನ ಒತ್ತಡದ ಏರುಪೇರು ಇವುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲೂ ಏರುಪೇರುಗಳನ್ನು ತೋರುತ್ತದೆ. ತಕ್ಕ ವಿದ್ಯುತ್ಸಾಂದ್ರಕದ ಸಹಾಯದಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ಈ ಉಪಕರಣಗಳೊಡನೆ ವರ್ಧಕವನ್ನೂ ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಕೊಳವೆಯ ಒಳಭಾಗವನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸುವ ಪ್ರತಿ ಕಣವನ್ನೂ ಎಂಬಂತೆ ನಾವು ಲೆಕ್ಕಿಸಲು ಆಗುತ್ತದೆ. ಪ್ರತಿಕಣವೂ ತನಗನುಗುಣವಾದ 'ಕಿಟ ಕಿಟ' ಸದ್ದನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ.

ಅತಿ ಸುಲಭದಲ್ಲೂ, ಶೀಘ್ರವಾಗಿಯೂ ಈ ಉಪಕರಣವು ಕಾರ್ಯ ನೆರವೇರಿಸುವ ನಿಮಿತ್ತ ಮತ್ತು ಫಕ್ಕನೆ ಇದನ್ನು ಎಲ್ಲಿಂದೆಲ್ಲಿಗೂ ಒಯ್ಯಬಹುದಾದ ಕಾರಣದಿಂದ ಇದು ಇಂದು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಬೀಳುತ್ತಲಿದೆ. ಇಷ್ಟರ ತನಕ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾದ ಸಾಧನಗಳಲ್ಲಿ ಇದು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಫಲಕಾರಿಯಾಗಿದೆ.

ಅಧ್ಯಾಯ ೬

ಅಂಕನ (ಅಂಕಿತ Tracers) ವಿಕಿರಣ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು (Tracer Radio isotopes)

ಇಷ್ಟರ ತನಕದ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ನಾವು ಪರಮಾಣುವಿನ ಹೊರ ಮತ್ತು ಒಳರಚನೆಯ ವಿವರಗಳನ್ನೂ, ಸ್ಥಿರ ಮತ್ತು ಅಸ್ಥಿರ ಪರಮಾಣು ಗಳಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನೂ, ಅಂತೆಯೇ ಪರಮಾಣುವಿನ ಗರ್ಭದಿಂದ ರಶ್ಮಿ—ವಿಕಿರಣಗಳ ವಿವರಗಳನ್ನೂ ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ಸಂಗ್ರಹಿಸಿರುವೆವು. ಈ ಭಾಗದ ಪರಿಚಯವೆಂದರೆ ಸುಮಾರು ಕ್ರಿ. ಶ. 1887 ರಿಂದ ಈ ತನಕ ಎಂದರೆ ಕೇವಲ ಈ 75 ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿನ ವಿಜ್ಞಾನದ ಪ್ರಗತಿಯ ಅವ ಲೋಕನ. ಪರಮಾಣು ಶಾಸ್ತ್ರ ವಿಭಾಗವೆಂಬುದು ಇದೀಗ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ವಿಭಾಗವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲ್ಪಡುತ್ತಲಿಲ್ಲ, ಬದಲು ಇದೇ ಇಂದು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಶಾಸ್ತ್ರ ವಿಭಾಗದಷ್ಟು ತಾತ್ವಿಕವಾಗಿಯೂ, ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿಯೂ ಬೆಳೆದಿದೆ, ಬೆಳೆಯುತ್ತಲಿದೆ. ಇಷ್ಟು ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ, ವಿವಿಧ ಉದ್ಯಮ ಗಳಲ್ಲಿ ಇತರ ಜೀವನದ ವ್ಯವಹಾರ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಶಾಸ್ತ್ರಭಾಗದ ತಾತ್ವಿಕ ಮತ್ತು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕಾನುಮಾನಗಳು ಅನೇಕ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಜನಜೀವನಕ್ಕೆ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗುತ್ತಲಿವೆ. ಇಂಥ ಉಪಯೋಗಗಳ ಸ್ಥೂಲ ಅವಲೋಕನವೇ ಇನ್ನು ಮುಂದಿನ ಉದ್ದೇಶ.

ಈ ಶತಮಾನದ ಆದಿಯ ತನಕ ಪ್ರತಿ ಪರಮಾಣು ತಾನು ಅವಿ ಭಾಜ್ಯ, ಪದಾರ್ಥವೆಲ್ಲವೂ ನಾಶರಹಿತವೇ ವಿನಾ ಎಷ್ಟಕ್ಕೂ ನಾಶ ಹೊಂದುವಂಥವಲ್ಲ, ಪರಮಾಣುವೊಂದನ್ನು ನಾವು ಎಷ್ಟಕ್ಕೂ ನಾಶ ಗೊಳಿಸಲಾರೆವು, ರೂಪಾಂತರಗೊಳಿಸಲಾರೆವು ಎಂಬ ಭಾವನೆಗಳು ಜನ ಸಾಮಾನ್ಯರಲ್ಲಿ ಮನೆ ಮಾಡಿದ್ದುವು. ಈ ಶತಮಾನದ ಶೋಧಗಳ

ಮೇರೆಗೆ ಪರಮಾಣುಗಳೆಲ್ಲವೂ ವಿಭಾಗವಾಗುತ್ತವೆ. ಪ್ರತಿ ಪರಮಾಣು ವಿನಲ್ಲೂ ಸೌರವ್ಯೂಹವನ್ನೆ ಹೋಲುವ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಪಂಚವಿದೆ. ಇದರ ಹೊರ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಸತತವೂ ಚಲಿಸುತ್ತಲಿರುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಾದರೋ ತಮ್ಮವೇ ಆದ ಅತ್ಯಂತ ರೋಮಾಂಚಕಾರಿ ಮತ್ತು ಕೌತುಕಪ್ರದ ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ಹಾರುತ್ತಾ, ಬೀಳುತ್ತಾ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಸೃಜಿಸುತ್ತಲೋ ಹೀರುತ್ತಲೋ ಇವೆ. ಇವು ಕೆಲಕಾಲ ಪದಾರ್ಥ ಕಣಗಳಂತೆಯೂ ಇನ್ನು ಕೆಲಕಾಲ ಶಕ್ತಿಯ ಹರಿವಿನಂತೆಯೂ, ಭಾಸವಾಗುತ್ತವೆ.

ಪ್ರತಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ಗರ್ಭದಲ್ಲೂ ಬಹಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಜಾಗದಲ್ಲಿ ಅತಿ ಸಾಂದ್ರವಾದ ಹಂಚಿಕೆಯುಳ್ಳ ಪದಾರ್ಥವಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಎರಡು ಬಗೆಯ ಕಣಗಳಿವೆ. ಇವು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಗುಣದವುಗಳು. ಆದರೆ ವಿವಿಧ ಪರಮಾಣು ಗಳಲ್ಲಿ ಇಂಥ ಕಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಕಡಮೆ ತೋರಿ ಬಂದರೂ ಒಟ್ಟು ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಭಾರವಾದ ಯುರೇನಿಯಂ ಬೀಜದ ಗಾತ್ರವು ಅತ್ಯಂತ ಹಗುರವಾದ ಹೈಡ್ರೋಜನ್‌ನ ಬೀಜದ ಗಾತ್ರಕ್ಕಿಂತ ಬಹಳ ದೊಡ್ಡದೇನೂ ಅಲ್ಲ. ಹೀಗಿದ್ದು ಬೀಜವು ಭಾರಗೊಂಡಂತೆ ಸಾಂದ್ರತೆ ಘನ ಸೆ. ಮೀ.ಗೆ 10^4 ಗ್ರಾಂಗಳಷ್ಟು ಹಿಗ್ಗುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಕಣ ಗಳಾದ ಪ್ರೋಟಾನ್ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಒಂದು ತರದ ಸಮ ತೋಲದಲ್ಲಿರುವಾಗ ಬೀಜವು ಸ್ಥಿರವೂ, ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು ಅಧಿಕತರ ವಾದಂತೆ ಬೀಜವು ಅಸ್ಥಿರವೂ ಆಗುವುದು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು ಪ್ರೋಟಾನು ಗಳಿಗಿಂತ ಅಧಿಕವಾಗಿದ್ದೆಡೆಯಲ್ಲೆಲ್ಲ ಬೀಜಗಳು ತಾವಾಗಿಯೇ ತಂತಮ್ಮ ಲ್ಲಿಂದ ಆಲ್ಫಾಕಣ ಮತ್ತು ಗಾಮಾಕಿರಣಗಳನ್ನೂ, ಇಲ್ಲವೆ ಬೀಟಾಕಣ ಮತ್ತು ಗಾಮಾಕಿರಣಗಳನ್ನೂ ಹೊರತಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನೇ ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ರೇಡಿಯೋ ಆಕ್ಟಿವಿಟಿ-- ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗಿದೆ. ಯುರೇನಿಯಂ, ರೇಡಿಯಂನಂಥ ಧಾತುಗಳಲ್ಲಿ ಇದು ತನ್ನಷ್ಟಕ್ಕೇ, ಮತ್ತು ಹೊಸ ಆವರಣದಿಂದ ಎಳ್ಳಷ್ಟೂ ಪರಿಣತವಾಗದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಜರಗುತ್ತಲಿರುವ ಕಾರ್ಯವೇ ಆಗಿದೆ. ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ಯುರೇನಿಯಂ (U1)ನ್ನು ಇಂದು ಪರೀಕ್ಷಿಸುವ. ಇದು ಏಕಪ್ರಕಾರ

ವಾಗಿ ತನ್ನ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾ ಚಟುವಟಿಕೆಯನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತಲೇ ಇದ್ದು ಮುಂದೆ 4,500 000,000 ವರ್ಷಗಳ ನಂತರ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದಾಗ ಇದರಲ್ಲಿ ಚಟುವಟಿಕೆ ತೋರುವ $\frac{1}{2}$ ಗ್ರಾಂ ಯುರೇನಿಯಂ ಮಾತ್ರ ಉಳಿದಿರುತ್ತದೆ; ಉಳಿದರ್ಧ ರೂಪಾಂತರ ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಈ ಅವಧಿಯು ಯುರೇನಿಯಂನ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು ಎನಿಸುವುದು ನಮ್ಮ ಭೂಮಿ ಸೃಷ್ಟಿ ಯಾಗಿ 4,500,000,000 ವರ್ಷಗಳಾಗದಿರುವ ನಿಮಿತ್ತ ಇದೀಗಲೂ ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿ ಅಲ್ಲಲ್ಲಿ ಒಂದಷ್ಟು ಯುರೇನಿಯಂ ದೊರಕುತ್ತಲಿದೆ. ಇತರ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಕ ವಸ್ತುಗಳಿಗೂ ಹೀಗೆಯೇ. ಅವವುಗಳಿಗೆ ವಿಶಿಷ್ಟ ವಾದ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು ಇದೆ. ಇಂಥ ಧಾತುಗಳು ಕ್ರಮಶಃ ರೂಪಾಂತರ ಹೊಂದುತ್ತಾ ಮುಂದೆ ಪ್ರತಿವಸ್ತುವೂ ತನತನಗೆ ವಿಶಿಷ್ಟವಾದ ಅವಧಿಯ ನಂತರ ಪೂರ್ತಿ ರೂಪಾಂತರ ಹೊಂದುವುದು. ಇಂಥ ಎಲ್ಲ ನಿರ್ಣಯ ಗಳನ್ನು ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯ ಶೋಧವಾದ ಸುಮಾರು 2 ದಶಕಗ ಳೊಳಗೆ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಲಾಯಿತು ಇಂಥ ಧರ್ಮಗಳನ್ನು ಕೃತಕವಾಗಿ ನಾವು ಹಗುರ ಧಾತುಗಳಲ್ಲಿ ಯೋಜಿಸಬಲ್ಲೆವೆ ಎಂಬ ಕುತೂಹಲವು ಆಗಲೇ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಲ್ಲಿ ಜನಿಸಿತ್ತು, ಅಲ್ಲದೆ ಧಾತುವೊಂದು ನೈಸರ್ಗಿಕ ವಾಗಿ ರೂಪಾಂತರ ಹೊಂದುತ್ತದೆಂದ ಬಳಿಕ ಅದನ್ನು ಕೃತಕವಾಗಿ ರೂಪಾಂತರಗೊಳಿಸಲಾರೆವೆ ಎಂಬ ಧೈರ್ಯವೂ ಪುನಃ ಬೀಜಗರ್ಭ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರಲ್ಲಿ ಉದಿಸಿತು.

ಮತ್ತೂ ಶೋಧಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿದಾಗ ಸುಮಾರು 1911ರ ಸಮಯ ಒಂದೇ ಧಾತುವಿನ ವಿವಿಧ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಲಾಯಿತು. $_{10}$ನಿಯಾನ್^{20} ಎಂಬ ಧಾತುವಿದೆ. ಇದೊಂದು ಜಡ ಅನಿಲ. ಇದರ 20ಮತ್ತು 22 ತೂಕಗಳ ಎರಡು ಸೃಷ್ಟಿ ರೂಪಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯ ಲಾಯಿತು. ವಿವರಗಳನ್ನು ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಒದಗಿಸಲಾಗಿದೆ. ನಿಯಾನ್^{20}ರ ಎರಡು ರೂಪಗಳ ಕೇಂದ್ರದ ಮತ್ತು ಕೇಂದ್ರೇತರ ರಚನೆ ಗಳನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಒದಗಿಸಲಾಗಿದೆ.

ನಿಯಾನ್ 20 ಮತ್ತು ನಿಯಾನ್ 22ರ ಬೀಜೇತರ ಭಾಗದಲ್ಲೇನೂ

ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿಲ್ಲ. 10 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿವೆ. ಇವು ಎರಡು ವಲಯಗಳಲ್ಲಿದ್ದು ಮೊದಲನೆ ವಲಯದಲ್ಲಿ 2 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೂ, ಎರಡನೆ ವಲಯದಲ್ಲಿ 8 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೂ ಇವೆ. ಇನ್ನು ಬೀಜದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿದೆ. ಮೊದಲನೆಯದರಲ್ಲಿ 10 ಪ್ರೊ+10 ನ್ಯೂ; ಮತ್ತು ಎರಡನೆಯದರಲ್ಲಿ



$_{10}$ನಿ^{20} $_{10}$ನಿ^{22}

ಚಿತ್ರ : ೨೩ ನಿಯೋನಿನ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು

10ಪ್ರೊ+12ನ್ಯೂಗಳ ಸೇರ್ಪಡೆ ಇರುವ ರಚನೆಗಳಿವೆ. ಇದರ ಫಲವಾಗಿ ನಿಯಾನ್22ರ ತೂಕವು ಹೆಚ್ಚು. ಎರಡೂ ಜಡ ಅನಿಲಗಳೇ, ಏಕ ಪ್ರಕಾರದ ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣದವುಗಳು. ಆದರೆ ಇವುಗಳ ತೂಕ ಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ.

ಇನ್ನೊಂದು ನಿದರ್ಶನವನ್ನು ಆಲಿಸಿರಿ. ಸೀಸದ ಹಲವು ಸಮ ಸ್ಥಾನೀಯಗಳಿದ್ದು ಎಲ್ಲವುಗಳಲ್ಲೂ 82 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿವೆ, ಹಾಗೆಯೇ ಬೀಜೇತರ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ರಚನೆ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಬೀಜದಲ್ಲಾದರೋ ಪ್ರತಿ ರೂಪದಲ್ಲೂ 82 ಪ್ರೋಟಾನುಗಳೊಡನೆ 116, 117, 118........ 130, 132 ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳಿದ್ದ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ರೂಪಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಇವನ್ನು ಕ್ರಮವಾಗಿ $_{82}$ಸೀಸ$_{116}{}^{198}$, $_{82}$ಸೀಸ$_{117}{}^{199}$ ... . $_{82}$ಸೀಸ$_{132}{}^{214}$ ಎಂದು ಬರೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತಾರೆ. ಇಂಥ 16 ವಿವಿಧ ರೂಪದ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳ

ಬೆರಕೆಯೇ ಸಾಮಾನ್ಯ ಸೀಸ. ಎಂತಲೇ ಇದರ ಪರಮಾಣು ತೂಕವು 207·2 ತಾಸು ಪೂರ್ಣಾಂಕವಾಗಿರದೆ, ಭಿನ್ನಾಂಶಯುಕ್ತವಾಗಿದೆ.

ಮುಂದೆ 1919ರಲ್ಲಿ ರುದರ್‌ಫೋರ್ಡ್ ಅತ್ಯಂತ ಶಕ್ತಿಯುತವಾದ ಆಲ್ಫಾಕಣಗಳನ್ನು ಸಾರಜನಕದ ಮೇಲೆ ಹೊಡೆದು ಈ ಸಾರಜನಕ (ನೈಟ್ರೋಜನ್ nitrogen) ವನ್ನು ಆಕ್ಸಿಜನ್ ಆಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆಗೊಳಿಸಿದನು. ಇದು ಆಧುನಿಕ ವಿಜ್ಞಾನದ ಹೊಸ ಮನ್ವಂತರವೆನಿಸಿತು. ಧಾತುವೊಂದನ್ನು ಕೃತಕವಾಗಿ ಬದಲಾವಣೆಗೊಳಿಸಲು ಬರುತ್ತದೆಂಬುದು ಎಂಬ ತತ್ವವು ಸ್ವೀಕೃತವಾಯಿತು. ಇಂಥ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಮತ್ತೂ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಲು ವಿದ್ಯುತ್ತಟಸ್ಥವಾದ ನ್ಯೂಟ್ರಾನಿನ ಶೋಧ ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ಭೇದಕವಾಗಿಯೂ ಸಂಯೋಜಕವಾಗಿಯೂ ಇಂಥ ಕಣದ ಬಳಕೆಗಳು ಕಾರಣವಾದುವು.

ನಿಸರ್ಗದಲ್ಲೆಲ್ಲ ಸ್ಥಾನ (ಸ್ಥಿತಿ) ಶಕ್ತಿಯ ನಿಮ್ನತಮ (lowest, least) ಸ್ಥಿತಿಯೇ ಅತ್ಯಂತ ಭದ್ರತೆ ಮತ್ತು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಮತೋಲದ ಸ್ಥಿತಿಯೆನಿಸುತ್ತದೆ. ಹೀಗಿದ್ದ ಬಳಿಕ ಬೀಜಕಣಗಳಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಕಡಿಮೆ ಇದ್ದರೇನೆ ಬೀಜವು ಅತ್ಯಂತ ಸಮತೋಲ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಬೀಜವೊಂದರ ಮೇಲೆ ನ್ಯೂಟ್ರಾನೊಂದನ್ನು ಹೊರಗಿನಿಂದ ಹೊಡೆದು ಬೀಜದ ಮೇಲೆ ಎರಗಿಸಿದಾಗ ಆ ಹೊಸ ಬೀಜದ ಸ್ಥಿರತೆ ಕುಲುಕಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಇಂಥ ಅದುರುವಿಕೆಯ ಕಾರಣದಿಂದ ಇದು ತನ್ನಲ್ಲಿರುವ ಇನ್ಯಾವುದಾದರೂ ಕಣಗಳನ್ನೋ, ಪ್ರೋಟಾನನ್ನೋ, ಆಲ್ಫಾ ಕಣವನ್ನೋ ಹೊರತಳ್ಳುವುದು. ಹೀಗೆ ಕೃತಕವಾಗಿ ಧಾತುಪರಿವರ್ತನೆಯನ್ನು ಸಾಧಿಸುವುದರೊಡನೆ ಇನ್ನೊಂದು ಅತ್ಯಂತ ರೋಚಕ ವಿಷಯವನ್ನು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಕಂಡುಹಿಡಿದರು : ಕೆಲವು ಕೃತಕವಾಗಿ ರಚಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು ಸ್ಥಿರವಾಗಿರದೆ ತಾವು ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ತೋರುತ್ತವೆ. ಇಂಥವುಗಳನ್ನು ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಕ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳೆನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಒಂದೆರಡು ಉದಾಹರಣೆಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸಿರಿ.

ಸ್ಥಿರಬೀಜ $_{13}$ಅಲ್ಯುಮಿನಿಯಂ^{27} + $_{0}$ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್^{1}
→ ಅಸ್ಥಿರಬೀಜ $_{11}$ರೇಡಿಯೋ ಸೋಡಿಯಂ^{24} + $_{2}$ಹೀಲಿಯಂ^{4}

ಇಂಥ ರೇ ಸೋಡಿಯಂ ಅಸ್ಥಿರವಾಗಿದ್ದು ತನ್ನ ಗರ್ಭದಿಂದ 2 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಗಳನ್ನೂ ಗಾಮಾ ಕಿರಣವನ್ನೂ ತಳ್ಳುತ್ತದೆ ಇದರ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು 15 ಗಂಟೆಗಳಷ್ಟು.

ರೇಡಿಯೋ$_{11}$ಸೋಡಿಯಂ^{24}→$_{12}$ಮೆಗ್ನೀಶಿಯಂ^{24} + $_{-1}$ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್^{0}
+ ಗಾಮಾಕಿರಣ

ಈಗಲೂ ಮೆಗ್ನೀಶಿಯಂ ಸ್ಥಿರಬೀಜವಾಗಿದ್ದು ಇಂಥ ಪರಿವರ್ತನೆಯು ಪೂರ್ತಿಯಾದನಂತರ ಪುನಃ ಯಾವ ಕಣವನ್ನೂ ಶಕ್ತಿಯನ್ನೂ ಹೊರಕ್ಕೆ ತಳ್ಳಲಾರದು. ಆದರೇನು, ಅಲ್ಯೂಮಿನಿಯಂ 27 ಸ್ಥಿರವಾಗಿದೆ. ಇದರ ಮೇಲೆ ನ್ಯೂಟ್ರಾನನ್ನು ಹೊಡೆದು ಅದರಲ್ಲಿ ಅಡಕವಾಗಿಸಿದ ಕೆಲವು ಗಂಟೆಗಳ ತನಕ, ಅಂದರೆ, ರೇಡಿಯೋ ಸೋಡಿಯಂ ಉಳಿಯುವ ತನಕವೂ ಇದು ಗಾಮಾ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ವಿಕಿರಣಗೊಳಿಸುತ್ತಲೇ ಇದೆ. ಇಂಥ ರೇಡಿಯೋ ಆಕ್ಟಿವ್ (ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಕ) ಸೋಡಿಯಂನ್ನೇ ನಾವು ಗಾಮಾ ಕಿರಣವನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು.

ಹಿಂದಿನ ಕಾಲದಲ್ಲಿ, ಹೆಚ್ಚೇತಕ್ಕೆ, ಈ ಶತಮಾನದ 2 ದಶಕಗಳ ತನಕವೂ ಇಂಥ ಬೀಜಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯಲು ತುಂಬಾ ಸಮಯವು ತಗಲುತ್ತಲಿತ್ತು. ಬೀಜಗಳ ಮೇಲೆ ಹೊಡೆಯಲಾಗುವ ಗುಂಡುಗಳನ್ನೋ ಕಣಗಳನ್ನೋ ಸಾಕಷ್ಟು ಉತ್ಕರ್ಷಗೊಳಿಸಿ, ಅವನ್ನು ಶಕ್ತಿಯುತವನ್ನಾಗಿ ಮಾಡಿ ಲಕ್ಷ್ಯ (target)ದ ಸುತ್ತಲೂ ಇರುವ ದುರ್ಗಮವೆನಿಸಿದ ಸ್ಥಾನಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಾಕಾರವನ್ನು ದಾಟಿಸಲೇಬೇಕು. ನೂರುಗಟ್ಟಲೆ ಗುಂಡುಗಳನ್ನು ಹೊಡೆದಾಗ ಎಲ್ಲೋ ಒಂದು ಲಕ್ಷ್ಯವನ್ನು ಹೊಡೆಯುವ ಸಂಭವವಿದೆ. ಪರಮಾಣು ಕಣಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಳಿಸಲು ನಿರ್ಮಿಸಲಾದ ಕಾಲುಟ್ರಾನ್, ಸೈಕ್ಲೋಟೋನ್ ಮೊದಲಾದ ಯಂತ್ರಗಳಿಗೆ ಅಪಾರ ವೆಚ್ಚವೂ ತಗಲುತ್ತಲಿತ್ತು. ಅಲ್ಲದೆ ಇಂಥ ಯಂತ್ರಗಳಿಂದ

ಈ ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಪಡೆದು ಅವನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಿಕೊಳ್ಳುವಷ್ಟರಲ್ಲಿ ಇವುಗಳಲ್ಲಿನ ಚಟುವಟಿಕೆಯ ಒಂದು ಅಂಶವಾದರೂ ನಶಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಇಂಥ ಎಲ್ಲ ಲೋಪ, ದೋಷಗಳಿದ್ದರೂ ಮೊನ್ನೆ ಮೊನ್ನೆಯ ತನಕ ಇಂಥ ಕಷ್ಟಕಾರಕ ವಿಧಾನಗಳಿಂದಲೇ ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ರಚಿಸಲಾಗುತ್ತಲಿತ್ತು. ಕಾರಣ, ಇಂಥ ಯಂತ್ರಗಳ ಸ್ಥಾಪನೆಯ ಆರಂಭಿಕ ವೆಚ್ಚವು ಅಪರಿಮಿತವೆನಿಸಿದರೂ ಮುಂದೆ ಇವುಗಳಿಂದ ಹೇರಳ ಪ್ರಯೋಜನವು ಲಭಿಸುತ್ತದೆ. 1 ಗ್ರಾಂ ರೇಡಿಯಂನ್ನು, ಅದರಿಂದ ಲಭಿಸಬಹುದಾದ ಗಾಮಾ ಕಿರಣಗಳ ಬಗ್ಗೆ, ಪಡೆಯಲು 1 ಲಕ್ಷ ರೂಪಾಯಿಗಳಿಗಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚು ತೆರಬೇಕಾಗಬಹುದು. ಇಷ್ಟೇ ಗಾಮಾ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಇತರ ರೇಡಿಯೋ ಐಸೋಟೋಪುಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದಾದರೆ ತಕ್ಕ ಯಂತ್ರಗಳಿಂದ ಇವನ್ನು ಪಡೆಯಬೇಕಷ್ಟೆ. ಇಂಥ ಯಂತ್ರದ ಸ್ಥಾಪನೆಗೆ ಹಲವು ಲಕ್ಷ ರೂಪಾಯಿಗಳ ವೆಚ್ಚ ತಗಲಿದರೂ ಮುಂದೆ ಕೋಟಿಗಟ್ಟಲೆ ಗ್ರಾಂ ರೇಡಿಯಂನಿಂದ ಪಡೆಯಬಹುದಾದಷ್ಟು ಗಾಮಾ ಕಿರಣಗಳ ರೂಪದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಇವುಗಳಿಂದ ಪಡೆಯಬಲ್ಲೆವು. ಎಂತಲೇ ಇಂಥ ಯೋಜನೆಗಳು ಎಲ್ಲ ರಾಷ್ಟ್ರಗಳಲ್ಲೂ ಕಾರ್ಯರೂಪಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತಲಿವೆ.

ಮುಖ್ಯ, ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಎಂದರೆ ದ್ವಿತೀಯ ಮಹಾಯುದ್ಧದ ನಂತರ ಪಾಶ್ಚಾತ್ಯ ರಾಷ್ಟ್ರಗಳಲ್ಲೂ ಇನ್ನು ಇದೀಗ ಭಾರತದಲ್ಲೂ ಇಂಥ ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಲೆಂದೇ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಕ್ರಿಯಾಕಾರಕ ಯಂತ್ರಗಳು (ಸ್ಥಾವರಗಳು) ಸ್ಥಾಪನೆಯಾಗಿವೆ. ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದಂತೆ ಇವುಗಳ ಆರಂಭಿಕ ವೆಚ್ಚವೇನೋ ಅಪಾರವಾಗಿದೆ. ಆದರೆ ಬೇಕಾದಾಗ, ಬೇಕಾದ ಪರಿಮಾಣದಲ್ಲಿ, ಅವಶ್ಯವಿರುವ ಧಾತುವಿನ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಬರುತ್ತದೆ ಎಂಬ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ ಇಂಥ ಯಂತ್ರಗಳ ಸ್ಥಾಪನೆಯಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲ ರಾಷ್ಟ್ರಗಳೂ ಮುಂದಾಗಿವೆ. ಕ್ಯೂರಿ 1 ರ ·01 ಡಾಲರ್ ಇಲ್ಲವೆ 3 ಸೆಂಟ್ಸ್ (ಸುಮಾರು ಹದಿನೈದು ಪೈಸೆ) ವೆಚ್ಚದಲ್ಲಿ ಗಾಮಾ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದೆಂಬ ಆಸೆಯೂ ಇದೆ. (ಪ್ರತಿ

ಸೆಕೆಂಡಿಗೂ 37,000 ಮಿಲಿಯ ಬೀಜಗಳ ಸ್ಫೋಟದಿಂದೊದಗುವ ಗಾಮಾ ಕಿರಣಗಳ ಚಟುವಟಿಕೆಯು 1 ಕ್ಯೂರಿ ಮಾನದಿಂದ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇದು ತಾನು ಬಹಳ ಪ್ರಬಲವಾದ ಪರಮಾಣು ಎಂತಲೇ ಸಾಮಾನ್ಯ ಅಳತೆಗಳನ್ನು 10–6 ಕ್ಯೂರಿ ಇಲ್ಲವೆ ಮೈಕ್ರೋ ಕ್ಯೂರಿ ಎಂದು ನಿರ್ದೇಶಿಸುವುದು ಇದೆ.) ಇದೇ ಅಲ್ಲದೆ ಕಡಮೆ ಅಲ್ಪಾಯುಸ್ಸಿನ ಐಸೋಟೋಪುಗಳನ್ನು ಬೇಕಾದಾಗ ಮಾತ್ರ ಪಡೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಅನುಕೂಲತೆಯೂ ಬಂದೊದಗಿದ್ದು ವಿನಾಕಾರಣವಾಗಿ ಇಂಥವುಗಳಿಂದ ಗಾಮಾ ಕಿರಣ ಮೊದಲಾದ ವಿಕೀರ್ಣಗಳು ನಷ್ಟವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಗ್ರಾಂ ಗಳಲ್ಲಿ ಪಡೆಯುವ ಬದಲು ರಾತ್ಲುಗಟ್ಟಲೆ ಇಂಥ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುವ ಸಂದರ್ಭವೂ ಇರುತ್ತದೆ. 1 ರಾತ್ಲು ರೇಡಿಯಂನ್ನು ಕಡಮೆ ಎಂದರೆ 454 ಲಕ್ಷ ರೂಪಾಯಿ ಬೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಪಡೆಯಬಲ್ಲಿರಿ; ಆದರೆ ಬೀಜಕ್ರಿಯಾಕಾರಕದಲ್ಲಿ 1 ರಾತ್ಲು ಇತರ ವಿದಲನಶೀಲ ಮತ್ತು ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ದ್ರವ್ಯವನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಇಂಥ ವೆಚ್ಚವೂ ಇಲ್ಲ, ಅಲ್ಲದೆ ಇಂಥ ಪದಾರ್ಥದಿಂದ 3,000 ಕ್ಯೂರಿಗೂ ಮಿಕ್ಕ ವಿಕಿರಣಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಬಲ್ಲಿರಿ.

ಇಂಥ ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳಿಂದ ಪಡೆಯಬಹುದಾದ ಮತ್ತೊಂದು ಸೌಲಭ್ಯವೂ ಇದೆ. ಇದನ್ನು ಎಲ್ಲಿ ಬೇಕಾದರಲ್ಲಿ ನಾವು ದೂರದಿಂದಲೂ ಗುರುತಿಸಬಹುದು. ಒಂದೆಡೆಯಿಂದ ಇನ್ನೊಂದೆಡೆಗೆ ಸಾಗಿಸುವ ಸೌಲಭ್ಯದ ಮಾತಿರಲಿ, ಇದನ್ನು ಆಹಾರವಸ್ತುಗಳಲ್ಲೋ ಔಷಧಗಳಲ್ಲೋ ಬೆರೆಸಿ ನಾವು ದೇಹದೊಳಕ್ಕೂ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಸಾಮಾನ್ಯ ಸೋಡಿಯಂನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಉಪ್ಪಿನೊಡನೆ, ರೇಡಿಯೋ ಸೋಡಿಯಂನ್ನು ಪಡೆದಿರುವ ಉಪ್ಪನ್ನು ತಯಾರಿಸಲು ಇಲ್ಲವೆ, ಸೇವಿಸಲು ಕಷ್ಟವೇನೂ ಆಗದು. ಹಿಂದೆ ಹೇಳಿರುವಂತೆ ಇತರ ಲಕ್ಷಣಗಳೇನೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗದೆ ಇದ್ದರೂ, ಎರಡು ಬಗೆಯ ರುಚಿ, ವಾಸನೆ ಮೊದಲಾದುವು ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದರೂ ಈ ಸೋಡಿಯಂಗಳ ಪರಮಾಣು ತೂಕಗಳು ಮಾತ್ರ 23 ಮತ್ತು 24 ಇರುವುದಲ್ಲದೆ ಇಂಥ ಪರಮಾಣುಗಳೊಡನೆ ಬೆರೆತು ಕೊಳ್ಳುವ ಕ್ಲೋರಿನ್‌ನ ತೂಕವು 35 ಇಲ್ಲವೆ 37 ಇರುತ್ತದೆ.

ಹೇಳಬಲ್ಲೆವೇ ವಿನಾ ಇದಕ್ಕಿಂತ ಮುಂಚಿತವಾಗಿ ಅಲ್ಲವೆಂಬುದನು ಮರೆಯುಬಾರದು.

ಸಸಿಯ ಬೆಳವಣಿಗೆಯ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಧಾತು ಎಂಥ ಪರಿಣಾಮನ್ನು ತೋರುತ್ತದೆನ್ನಲು ನಡೆಸಲಾಗುವ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಧಾತುವಿನ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು ಕೆಲವು ಮಾಸಗಳಷ್ಟಿದ್ದರೂ ಇಂಥ ವಸ್ತು ಸಸಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದೋ ಎರಡೋ ವರ್ಷಗಳ ತನಕ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಈ ಸಸಿಯು ಅಷ್ಟರ ತನಕ ಉಳಿಯುತ್ತದೆಯೆ? ಉಳಿಯದೆ ಹೋದರೆ ನಾವು ಎಂಥ ಅನುಮಾನವನ್ನೂ ಹೇಳಲಾರೆವು. ಮತ್ತೊಂದು ಸಸಿಯನ್ನು ಅಲ್ಲಿ ನೆಟ್ಟು ಈ ಪದಾರ್ಥವು ಎರಡನೆ ಸಸಿಯನ್ನು ಒಳಹೊಗುವಂತೆ ಮಾಡಿ ಕ್ರಮೇಣ ಈ ಪ್ರಯೋಗದ ಸಮ್ಯಕ್ ಅನುಮಾನಗಳನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಅಂತೂ ಈ ಹತ್ತು, ಹದಿನೈದು ವರ್ಷಗಳೊಳಗೆ ಸಸಿಗಳನು, ನೆಡುವ ನೆಲದ ಮೇಲೆ, ಆಹಾರಧಾನ್ಯ, ಕಾಳು, ಬೆಳೆ ಮತ್ತು ತರಕಾರಿಗಳನ್ನೊದಗಿಸುವ ಸಸಿಗಳ ಮೇಲೆ, ಇಂಥ ಸಸಿಗಳು ಹೀರುವ ಆಹಾರದ್ರವ್ಯಗಳಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ಧಾತುಗಳೊಡನೆ ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಬೆರೆಸಲಾಗಿದೆ. ಅನೇಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಸಸಿಗಳು ಬೆಳೆಯುವ ನೆಲದ ಮೇಲೆ ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಚೆಲ್ಲಲಾಗಿದೆ. ಇಂಥ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಹಿತಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಅಹಿತವೇ ಒದಗುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯೂ ಇದೆ. ಕಾರಣ, ನೆಲದ ಮೇಲೆ ಚೆಲ್ಲಲಾದ ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಪದಾರ್ಥವು ತನ್ನ ಸುತ್ತಲೂ ಕಣಗಳನ್ನೂ ವಿಕೀರ್ಣಗಳನ್ನೂ ಚೆಲ್ಲುತ್ತ ಅಂತರಿಕ್ಷವನ್ನೆಲ್ಲ ಕಲುಷಿತ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆಂದ ಬಳಿಕ ಅಹಿತ ಸಾಧನೆಯಾಗದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಇಂಥ ದ್ರವ್ಯಗಳನ್ನುಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಮಾಸ್ಕೋ (Moscow) ದ ಹತ್ತಿರ ಒಂದು ಕೃಷಿ ಪ್ರಯೋಗ ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ವಿಕಿರಣವಿದ್ಧವಾದ ಬೀಜಗಳನ್ನೇ ನೆಡಲಾಯಿತು. ಇದರಿಂದ ಕ್ಯಾಬೇಜ್, ರ್‍ಯಾಡಿಶ್‌ನಂಥ ಸಸಿಗಳು ಇತರ ಸಸಿಗಳಿಗಿಂತ 9–10 ದಿನಗಳು ಮುಂಚಿತವಾಗಿ ಪಕ್ವವಾಗುವುದು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಗಮನಕ್ಕೆ ಬಂದಿತು. ಬೀಜಗಳ ಮೇಲಣ ಪ್ರಯೋಗದ ಬದಲು, ಇಂಥ ವಿಕೀರ್ಣಗಳನ್ನು ಅಲ್ಪ

ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ನೆಲದ ಮೇಲೆ ಹಾಯಿಸುವುದರಿಂದಲೂ ಇಂಥ ಸತ್ಫಲಗಳೇ ಗೋಚರಿಸಿದುವು. ಅಂಥ ನೆಲದ ಮೇಲೆ ಹಿಂದಿಗಿಂತ ಪ್ರಬಲವಾದ ಸಸಿಗಳು ಬೆಳೆದುವು.

ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪರಿಮಾಣದಲ್ಲಿ ಕೊಬಾಲ್ಟ್ 60ನ್ನು ನೆಲದ ಮೇಲೆ ಸವರಿದಾಗಲೂ ಕ್ಯಾಬೇಜ್ ಗಿಡಗಳಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು 20-25% ರಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿನ ಬೆಳವಣಿಗೆಯು ಗೋಚರಿಸಿತು. ಅಲ್ಲದೆ ಅಂಥ ಸಸಿಗಳ ಹಸುರು ಭಾಗವೆಲ್ಲವೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಅವಧಿಯ ತನಕ ಹಸುರಾಗಿಯೇ ಉಳಿದು ಸಸಿಯು ಹೆಚ್ಚು ಫಲಕಾರಿ ಎನಿಸಿತು. ಒಂದೇ ಮಗ್ಗುಲಲ್ಲಿ ಎಲೆ ಬಿಡುವ ಕಾಂಡಗಳಲ್ಲೆಲ್ಲ ಎರಡು ಮಗ್ಗುಲಲ್ಲೂ ಹಸುರೆಲೆಗಳು ಗೋಚರಿಸಿದುವು. ಒಂದೇ ಮಾತಿನಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಇಂಥ ರೇಡಿಯೋ ಐಸೋಟೋಪುಗಳ ಉಪಯೋಗದಿಂದ — ಮುಖ್ಯ ರೇಡಿಯೋ ರಂಜಕ ಮತ್ತು ಕೊಬಾಲ್ಟ್‌ಗಳ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ—ಸಸಿಗಳ ಹೆಚ್ಚಿನ ಬೆಳವಣಿಗೆ ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ.

ಹೀಗೆ ಸಸಿಗಳ ಮೇಲೂ, ಸಸಿಗಳನ್ನುತ್ಪಾದಿಸುವ ಬೀಜಗಳ ಮೇಲೂ ವಿಕಿರಣಗಳನ್ನು ಹಾಯಿಸಿದ ಕಾರಣ, ಸಸಿಗಳು ಪುಷ್ಟವಾಗಿ ಬೆಳೆಯುತ್ತವೆ, ಇವುಗಳ ಕಾಂಡಗಳು ಬಲಿಷ್ಠವಾಗುತ್ತವೆ; ಎಲೆಗಳ ಹಸುರಿಕೆ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ಪುಷ್ಪ ಬಿಡುವ ಅವಧಿಯೂ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಇದಿಷ್ಟು ನಾವು ಈ ತನಕ ತಿಳಿದಿರುವ ವಿಚಾರ. ಮುಂದಿನ ಪರಿಣಾಮಗಳ ವಿಚಾರ ಹಣ್ಣುಗಳ ಮೇಲೆ; ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ಬೀಜಗಳ ವಿಚಾರ, ಮುಂದಿನ ತಳಿಯಲ್ಲಿ ಸಸಿಯ ವಿಚಾರ ಇಂಥವೆಲ್ಲವನ್ನೂ ನಾವು ಮುಂದೆ ಗಮನಿಸಲೇಬೇಕು. ಇಂಥ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಯುನೈಟೆಡ್ ಸ್ಟೇಟ್ಸ್ ಮತ್ತು ರಷ್ಯಾಗಳಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ನಡೆಸುತ್ತಲಿದ್ದಾರೆ. ಕೆಲವು ತಲೆಮಾರುಗಳ ತನಕ ಇಂಥ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿದರೇನೇ ನಮ್ಮ ಅನುಮಾನಗಳು ಸಮರ್ಪಕವೆನಿಸಿಯಾವು. ಇಂಥ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಬರಡು ಭೂಮಿಯನ್ನು ಹಸನು ಮಾಡಲು ಬಂದರೇನೇ ಮುಂದೆ ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳಿಂದ ಹೆಚ್ಚಿನ ನೆರವನ್ನು ಜನರು ಪಡೆದಂತಾಗಲಿದೆ.

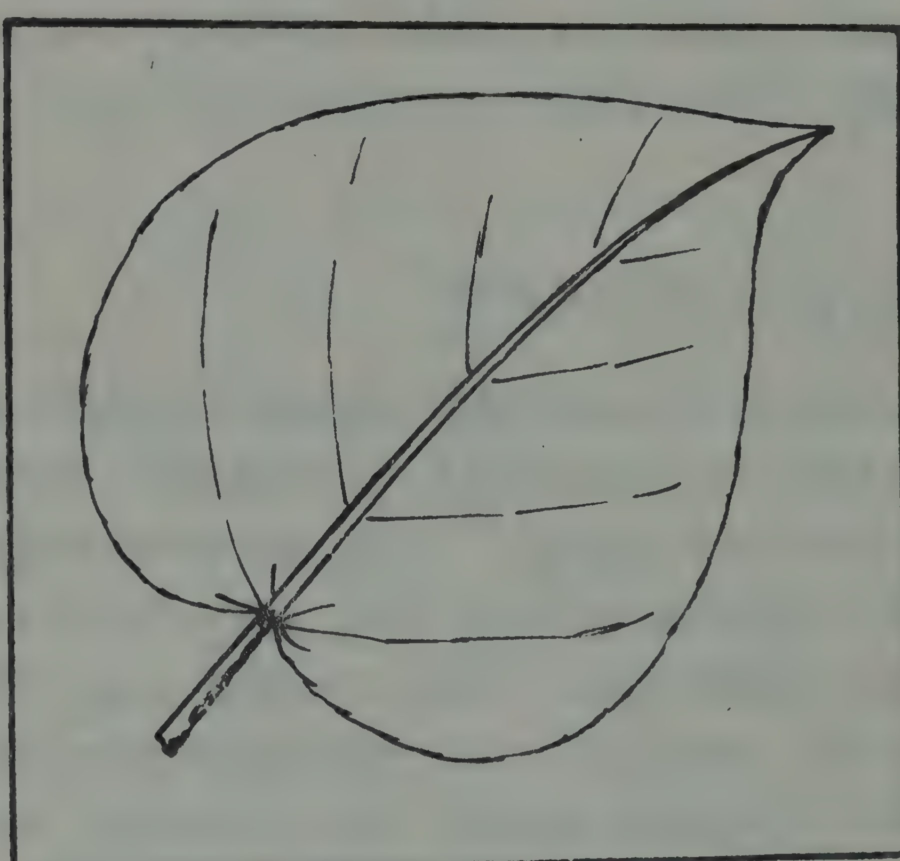
ವಿಕೀರ್ಣಗಳ ಪರಿಣಾಮಗಳು

ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು ಹೊರಗೆ ತಳ್ಳುವ ವಿವಿಧ ವಿಕೀರ್ಣಗಳಿಂದ ಮಿಡಿತೆ, ಹಾತೆ ಮತ್ತಿತರ ಕ್ರಿಮಿಕೀಟಗಳನ್ನು ನಾಶಮಾಡಲೂ ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಆದರೆ ವಿಕೀರ್ಣಗಳನ್ನು ಎಂಥ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸತಕ್ಕುದು ? ಇವುಗಳನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿದ ಮಾತ್ರಕ್ಕೆ ಕ್ರಿಮಿಕೀಟ, ಹುಳುಹುಪ್ಪಟೆ ಮೊದಲಾದುವು ನಾಶವಾಗಲಿವೆ. ಆದರೆ ಇನ್ನೇನಾದರೂ ದುಷ್ಪರಿಣಾಮ ಎಲೆಗಳ ಮೇಲೆ, ಸಸಿಯ ಕಾಂಡಗಳ ಮೇಲೆ ಆಗಲಿದೆಯೆ? ದುಷ್ಪರಿಣಾಮಗಳಾಗುವಂತಿದ್ದರೆ ಹೇಗೆ ಮತ್ತು ಎಷ್ಟರ ತೀವ್ರತೆಯ ವಿಕೀರ್ಣಗಳನ್ನುಪಯೋಗಿಸತಕ್ಕುದು ? ಇಂಥ ಎಲ್ಲ ವಿಚಾರಗಳನ್ನೂ ಕೇವಲ ಊಹೆಯಿಂದಲೇ ತಿಳಿಯುವ ಬದಲು, ಸಮರ್ಪಕವಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿಯೇ ತಕ್ಕ ಅನುಮಾನಗಳನ್ನೊದಗಿಸುವ ಸುಗಮ ಹಾದಿಯನ್ನು ಇಂದಿನ ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು ಕಲ್ಪಿಸಿವೆ.

ಗೊಬ್ಬರಗಳಲ್ಲಿ ಅಂಕಿತ ಧಾತುಗಳು

ಪ್ರತಿ ಸಸಿಗೂ ಅದರ ಬೆಳವಣಿಗೆಗೆ ರಂಜಕವು ಅವಶ್ಯವಿದೆ. ರಂಜಕವನ್ನು ಫಾಸ್ಫೇಟುಗಳಲ್ಲಿ ನಾವು ಮಣ್ಣಿಗೆ ಕೂಡಿಸುತ್ತೇವೆ. ಇದನ್ನು ಸಸಿಯೊಂದು ಹೇಗೆ ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ ? ಎಷ್ಟು ಪರಿಮಾಣದ ಫಾಸ್ಫೇಟನ್ನು ಹೀರುತ್ತದೆ ? ದ್ರವದಲ್ಲಿ ಇಂಗಿರುವ ವಸ್ತು ಎಷ್ಟು ವೇಗವಾಗಿ ಸಸಿಯ ಕಾಂಡವನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸುತ್ತದೆ ? ಯಾವ ಭಾಗವನ್ನು ಎಷ್ಟು ಗಂಟೆಗಳಲ್ಲಿ ಇಲ್ಲವೆ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ಸೇರುತ್ತದೆ ? ಎಲ್ಲಿ ಇದು ಶೇಖರವಾಗುತ್ತದೆ ? ಈ ವಿಚಾರಗಳನ್ನು ತಿಳಿಯಲು ಬಾರ್ನ್, ಸ್ಕ್ರಾಮ್ ಮತ್ತು ಝಿಮ್ಮರ್ (Born, Schramn & Zimmer) ಎಂಬುವರು ಅನೇಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿದ್ದಾರೆ. ಇವರ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯ ಫಾಸ್ಫೇಟಿನೊಡನೆ $_{15}$ರಂಜಕ^{32}ನ್ನೂ ಬೆರೆಸಲಾಗಿದ್ದು, ಇದು ತಾನು ಫಾಸ್ಫೇಟಿನ ರೂಪದಲ್ಲಿದ್ದರೂ ತನ್ನ ರೇಡಿಯೋ ಆಕ್ಟಿವ್ ಗುಣವನ್ನು

ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುವುದಿಲ್ಲ. ಆದುದರಿಂದ ಇದು ಎಂಥ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಅಂಶದಲ್ಲಿದ್ದರೂ, ಇಲ್ಲವೆ ಎಲ್ಲಿದ್ದರೂ ಗೀಗರ್‌ಮುಲ್ಲರ್ ಮಾಪಕವು ಇದನ್ನು ಗುರುತಿಸುತ್ತದೆ; ಪತ್ತೆಹಚ್ಚುತ್ತದೆ. $_{15}$ರಂಜಕ^{32} ಇತರ ರಂಜಕದೊಡನೆ ಬೆರೆತು, ಮಣ್ಣಿನಲ್ಲಿ ತಯಾರಾಗುವ ಆಹಾರದ್ರವ್ಯ (nutrient water) ದೊಡನೆ ಸಸಿಯ ಬೇರುಗಳನ್ನು ಹೊಗುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಲಿಂದ ಮೇಲೆ ಹರಿಯುತ್ತ ಕೆಲವೇ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ಸಸಿಯ ಮೇಲ್ಭಾಗವನ್ನು ಸೇರುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಲದೆ ಚಿಗುರೆಲೆಗಳಲ್ಲಿಯೇ $_{15}$ರಂಜಕ^{32} ಇಲ್ಲವೆ ಸಾಮಾನ್ಯ ರಂಜಕವೂ ಕಲೆತುಬಿಡುವುವು. ಕಾಂಡದಲ್ಲಾದರೋ ಇದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಮೆ ಭಾಗವು ಶೇಖರವಾಗುವುದು. ಸಸಿಯಲ್ಲಿ ಒಣಕಲು ಎಲೆಗಳು ಇದ್ದರೆ, ಅಂಥ ಎಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಒಣಗಿದ ಕಾಂಡಭಾಗಗಳಲ್ಲೆಲ್ಲ, ಇನ್ನು ಅಲ್ಲಲ್ಲಿ



ಚಿತ್ರ : ೨೪ ಎಲೆಯ ಆಟೋ ರೇಡಿಯೋಗ್ರಾಫ್

ಕಂಡುಬರುವ ಗಿಣ್ಣುಗಳಲ್ಲಿ ಏನೂ ಇಲ್ಲವೆನ್ನುವಷ್ಟು ತುಚ್ಛ ರಂಜಕವು ಶೇಖರವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುವ ವಿಚಾರವು ಇಷ್ಟೆ: ರಂಜಕ

ವನ್ನು ಸಸಿಯು ಉದ್ದಕ್ಕೂ ಅದರಲ್ಲಿನ ಪೋಷಕದ್ರವ್ಯ ಮತ್ತು ಕಣದ್ರವ್ಯ (cell sap)ಗಳು ಹೊತ್ತು ಸಾಗಿಸುತ್ತವೆ. ಅಲ್ಲದೆ ಇಂಥ ದ್ರವ್ಯವು ಸಸಿಯೊಂದರ ಒಣಕಲು ಮತ್ತು ಸವೆದ ಭಾಗಗಳನ್ನು ಸೇರುವುದೇ ಇಲ್ಲ. ಇದು ಹೊಸತಾಗಿ ತಿಳಿದುಬಂದ ವಿಚಾರ. ಇಷ್ಟರತನಕ ಪೋಷಕ ಮತ್ತು ಕಣದ್ರವ್ಯಗಳು ಸಸಿಗಳ ಎಲ್ಲ ಕಡೆಗಳಲ್ಲೂ ಯಾವಾಗಲೂ ಸಂಚರಿಸುತ್ತಲೇ ಇರುತ್ತವೆ ಎಂಬ ಭಾವನೆಯು ಇದ್ದಿತ್ತು. ಇದನ್ನು ತಪ್ಪು ಎಂದು ತೋರಿಸಿದುದು $_{15}$ರಂಜಕ^{32}ರ ಅಂಕನ ಕಾರ್ಯ (tracer) ದ ಪ್ರಯೋಗಗಳು.

ಸಸಿಯೊಂದಕ್ಕೆ ಒದಗಿಸಿದ ಫಾಸ್ಫೇಟು ಅದರಲ್ಲಿ ಹೇಗೆ ವಿನಿಮಯವಾಗುತ್ತದೆ ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಮೇಲಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಉತ್ತರದ ಒಂದಂಶವನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತದೆ. ಎಲೆಯೊಂದರಲ್ಲಿ ರೇಡಿಯೋ ರಂಜಕವು ಹಂಚಿಹೋದಾಗ ಇದಕ್ಕೆ ತಗಲಿಸಿ ಛಾಯಾಗ್ರಾಹಕ ಫಿಲ್ಮನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ, ಮತ್ತು ಇದನ್ನು ತೊಳೆದು ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದಾಗ ಇದರಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಕಡಮೆ ಎಂಬಂಥ ಬೆಳಕಿನ ತೀವ್ರತೆಯ ಪರಿಣಾಮ (ವಿಕೀರ್ಣದ ಪರಿಣಾಮ) ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಲಂತೂ ಎಲ್ಲಿ ರಂಜಕ ಹೆಚ್ಚಿಗೆ ಇದೆ, ಎಲ್ಲಿ ಇಲ್ಲ ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು 'ಸ್ವಯಂ ವಿಕಿರಣ ಲೇಖಕ ವಿಧಾನ' (auto radiograph) ವೆನ್ನುತ್ತಾರೆ.

ಗೀಗರ್‌ಮುಲ್ಲರ್ ಮಾಪಕದಿಂದ ಸಸಿಯು ವಿವಿಧ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರಬಹುದಾದ ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಪದಾರ್ಥವನ್ನು ಗುರುತಿಸಬಲ್ಲೆವಾದರೆ, ಎಲೆ, ಕಾಂಡ ಮೊದಲಾದ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಕಲೆತಿರಬಹುದಾದ ಇಂಥ ಪದಾರ್ಥವನ್ನು ಛಾಯಾಗ್ರಾಹಕ ಫಲಕದಿಂದ ಗುರುತಿಸಬಹುದೆಂದೆ ವಲ್ಲವೆ? ಇಂಥ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ, ಇವುಗಳ ಆಧಿಕ್ಯ ಮತ್ತು ನ್ಯೂನತೆಗಳನ್ನೂ ಗುರುತಿಸಲು ಬರುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಧಾನವಂತೂ ಪ್ರಶಸ್ತವಾಗಿದೆ. ಆದರೆ ಎಂಥ ವಿಕೀರ್ಣವು ಎಲ್ಲಿಂದ ಹೊರಹೊಮ್ಮಬಲ್ಲುದು, ಇದನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು ಯಾವ ಬಗೆಯ ಫಲಕವು ಅಗತ್ಯ ಎಂಬುದನ್ನೆಲ್ಲ ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ತೀರ್ಮಾನಿಸಿಯೇ ಪೂರ್ವಸಿದ್ಧತೆ, ಸಲಕರಣೆಗಳನ್ನೊದಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು.

ಸಸಿಗಳ ಒಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ಪೋಷಕಾಂಶಗಳ ಹರಿವಿನ ವೇಗ

ಸಸಿಯ ಒಳಭಾಗವನ್ನು ಹೊಗುವ ಪೋಷಕದ್ರವ್ಯದಲ್ಲಿ ಇಂಗಿರುವ ವಿವಿಧ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಎಷ್ಟು ವೇಗವಾಗಿ ಹರಿದು ಪಸರಿಸಬಲ್ಲುವು ಎಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿಯುವುದು ಕಷ್ಟಸಾಧ್ಯವೇ ಆಗಿತ್ತು. ಸಮರ್ಪಕ ಉತ್ತರವನ್ನು ಯಾವ ಸಸ್ಯವಿಜ್ಞಾನಿಯೂ ಹಿಂದಿನ ಶಾಸ್ತ್ರೀಯ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಉತ್ತರಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿದ್ದಿಲ್ಲ. ಇದೀಗ ರೇಡಿಯೋ ರಂಜಕವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿ ಸಸಿಯೊಳಕ್ಕೆ ಕಳುಹುವುದರಿಂದ ಇದರ ಉತ್ತರವು ಸುಲಭಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಪ್ರಬಲವಾದ ನಾಳವ್ಯವಸ್ಥೆಯುಳ್ಳ ಸಸಿಗಳಲ್ಲೆಲ್ಲ ಬೇರುಗಳನ್ನು ದಾಟಿ ಮುಂಬರಿದ ದ್ರವ್ಯವು ಸುಮಾರು ಸೆಕೆಂಡು 1 ರ 10 ಸೆ.ಮೀ. ವೇಗದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತ ಮೇಲೇರುತ್ತದೆ. ರಂಜಕದ ನ್ಯೂನತೆ ಇರುವ ಭಾಗಕ್ಕೆ ಇಲ್ಲವೆ ಹಸುರಾದ ಭಾಗಗಳಿಗೆ ಪೋಷಕದ್ರವ್ಯವು ಹರಿಯುವ ವೇಗವು ಮತ್ತೂ ಹೆಚ್ಚು ಎನ್ನುವುದರಲ್ಲಿ ಉತ್ಪ್ರೇಕ್ಷೆ, ಆಶ್ಚರ್ಯಗಳೇನೂ ಇಲ್ಲ.

ಯಾವ ಜಾಗಕ್ಕೆ ಎಂಥ ಗೊಬ್ಬರವು ಅವಶ್ಯವಿದೆ?

ಇದು ಒಂದು ಜಟಿಲ ಪ್ರಶ್ನೆಯೇ. ಇದರ ಉತ್ತರವನ್ನು ಇದೀಗ ರೇಡಿಯೋ ರಂಜಕವು ಒದಗಿಸಿದೆ ಸಸ್ಯಪ್ರಪಂಚವು ಮಣ್ಣಿನ – ಭೂಪೃಷ್ಠದ — ಸಾರವನ್ನೆಲ್ಲ ಬರಿದುಮಾಡುತ್ತಲಿದೆ ಎಂಬ ಭಾವನೆಯು ಮೊನ್ನೆಮೊನ್ನೆಯ ತನಕವೂ ಇದ್ದಿತ್ತು. ಇದರಿಂದ ಭೂಮಿಯ ಸಾರವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವ ಆವಶ್ಯಕತೆ ಇದೆ. ಈ ಬಗ್ಗೆ ಎಂಥ ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂಯುಕ್ತಗಳನ್ನು ಮಣ್ಣಿಗೆ ಸೇರಿಸಬೇಕು ಎಂಬ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಕೃಷಿಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರೂ, ಜೀವರಸಾಯನಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರೂ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸುತ್ತ ಹಲವು ಕೃತಕ ಗೊಬ್ಬರಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಿದ್ದರು. ಒಂದು ಸಸಿಯಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟು ಫಾಸ್ಫೇಟು ಇದೆ ಎಂದು ತೀರ್ಮಾನಿಸುವ ವಿಚಾರವಾದರೂ ಸುಲಭವೇ. ರಾಸಾಯನಿಕ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯ ವಿಧಾನದಿಂದ ಇದನ್ನು

ಸುಲಭವಾಗಿ ತೀರ್ಮಾನಿಸುತ್ತಾರೆ. ಆದರೆ ಸಸಿಯಲ್ಲಿ ಇದೆಷ್ಟಿದೆ ಎಂಬು ದನ್ನು ತೀರ್ಮಾನಿಸಲು ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ವಿಧಾನಗಳನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸ ಬೇಕು. ನಾವು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಎಲ್ಲ ರಂಜಕವೂ ಸಸಿಯನ್ನು ಸೇರು ತ್ತದೆಯೆ? ಅದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಮೆ ಸೇರುತ್ತದೆ ಎಂದಾದರೆ ಮಣ್ಣಿನಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟು ಉಳಿಯುತ್ತದೆ? ಇಲ್ಲವೆ ಹೆಚ್ಚು ಸಸಿಯನ್ನು ಸೇರುತ್ತದೆ ಎಂದಿಟ್ಟರೆ ಮಣ್ಣಿನಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟು ರಂಜಕವು ಹಾಗೆಯೇ ಇರುತ್ತದೆ ಎಂಬು ದನ್ನೆಲ್ಲ ಒಂದೇ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ತೀರ್ಮಾನಿಸಲು ಬರುತ್ತಲಿದ್ದರೆ, ಈ ಪ್ರಯೋಗವೇ ರೇಡಿಯೋ ರಂಜಕವನ್ನೊದಗಿಸುವ ಪ್ರಯೋಗ. ಇದೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಇತರ ಲವಣಗಳಿಗೂ ಈ ಮಾತು ಪೂರ್ತಿ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ.

ರಂಜಕದ ಪೂರೈಕೆಯು ವಿಧಾನ

ರಂಜಕವನ್ನು ಸಸಿಗಳಿಗೆ ಹೇಗೆ ಒದಗಿಸತಕ್ಕುದು? ತೆಳ್ಳನಾದ ದ್ರಾವಣ ಗಳಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ಇಂಗಿಸಿ ಸಸಿಗಳಿಗೆ ಒದಗಿಸಬೇಕೆ? ದಪ್ಪನಾದ ದ್ರಾವಣ ಗಳಲ್ಲಿ ಒದಗಿಸಿದರೆ ಹಾನಿ ಇದೆಯೆ? ಇಂಥ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳ ತೀರ್ಮಾನದ ಬಗ್ಗೆ ರೇಡಿಯೋ ರಂಜಕವನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿ ಈ ಕೆಳಗಿನಂತೆ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಇದೀಗ ಅನುಮಾನಿಸಿದ್ದಾರೆ: ಎಲ್ಲ ಸಸಿಗಳೂ ಬೇರುಗಳ ಮೂಲಕ ರಂಜಕವನ್ನು ದ್ರಾವಣಗಳಿಂದ ಸುಲಭವಾಗಿ ಹೀರುವುವು. ಆದರೆ, ಹುಲ್ಲಿನ ವರ್ಗದ ಎಲ್ಲ ಸಸಿಗಳು ತಮ್ಮ ಮೇಲೆ ಚಿಮುಕಿಸಲಾದ ರಂಜಕವನ್ನೂ ಉಪಯೋಗಿಸಬಲ್ಲುವು. ಹೀಗೆಂದ ಬಳಿಕ ದೊಡ್ಡ ದೊಡ್ಡ ಹೈನ ಕೇಂದ್ರಗಳಲ್ಲಿ ದನಕರುಗಳಿಗೆಂದೇ ಉಪ ಯೋಗಿಸಲಾಗುವ ಹುಲ್ಲುಗಾವಲುಗಳಲ್ಲಿ ಹುಲ್ಲು ಸಮೃದ್ಧವಾಗಿ ಬೆಳೆಯ ಬೇಕಾದರೆ ರಂಜಕವನ್ನು ನೇರಾಗಿಯೇ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಇದನ್ನು ಈ ಹದಿನೆಂಟು ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ತಿಳಿಸಿದಾಗ ಸಾಂಪ್ರ ದಾಯಿಕ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ವಿಸ್ಮಯದಿಂದ ಅವಾಕ್ಕಾದರು.

ತಂಬಾಕು, ಹತ್ತಿ, ಕಬ್ಬು ಮೊದಲಾದ ಬೆಳೆಗಳಿಗೂ ರಂಜಕವು ಅತ್ಯವಶ್ಯವಿದೆ. ರಂಜಕದ ಗೊಬ್ಬರವು ಎಷ್ಟರ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಒದಗಿಸ

ಲ್ಪಡಬೇಕು ಎಂಬ ಸಮ್ಯಕ್ ತೀರ್ಮಾನಕ್ಕಾದರೂ ನೆರವನ್ನಿತ್ತುದು ಇಂಥ ರೇಡಿಯೋ ರಂಜಕದ ಪ್ರಯೋಗಗಳೇ.

ಮೊನ್ನೆಮೊನ್ನೆಯು ತನಕವೂ ರಂಜಕವನ್ನು ಅತ್ಯಂತ ದುರ್ಬಲ ದ್ರಾವಣಗಳಲ್ಲೇ ಒದಗಿಸಬೇಕೆನ್ನುವ ಭಾವನೆ ಪ್ರಚಲಿತವಿತ್ತು. ಹೀಗೆಯೇ ರಂಜಕವನ್ನುಪಯೋಗಿಸಬೇಕೆಂದಿಲ್ಲ. ಇದನ್ನು ಮಣ್ಣಿನೊಡನೆ ಬೆರೆಸಿ ಕದಡಿಟ್ಟರೂ ಇದು ಕಾಲಾನುಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಸಸಿಯ ಒಳಭಾಗವನ್ನು ಸೇರುವುದು ಎಂಬ ವಿಚಾರವು ಇದೀಗ ತಿಳಿದಿದೆ.

ಸಸಿಯ ಬೇರುಗಳ ಯಾವ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಗೊಬ್ಬರವನ್ನು ಸೇರಿಸತಕ್ಕುದು ? ಅತಿ ಕೆಳಭಾಗದ ಬೇರುಗಳು ಮಾತ್ರ ಇಂಥ ಗೊಬ್ಬರಗಳನ್ನು ಹೀರಬಲ್ಲುವೋ ಇಲ್ಲವೆ ಅತ್ಯಂತ ಮೇಲ್ಭಾಗದ ಬೇರುಗಳು ಮಾತ್ರ ಹೀರಬಲ್ಲುವೋ ? ಇದೂ ಅತ್ಯಂತ ಜಟಿಲವಾದ ಪ್ರಶ್ನೆಯೇ. ಇದರಂತೆಯೇ ಒಂದೇ ಜಾತಿಯ ಎರಡು ಸಸಿಗಳ ನಡುವೆ ಎಷ್ಟು ಅಂತರವಿರಬೇಕು ? ಇಂಥ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳ ಸಮರ್ಪಕ ತೀರ್ಮಾನಕ್ಕೆ ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು ನಿರ್ದುಷ್ಟವಾದ ಉತ್ತರಗಳನ್ನೊದಗಿಸಿವೆ.

ಬತ್ತದ ಸಸಿಗಳನ್ನು ನೆಡುವ ವಿಶಿಷ್ಟ ಕ್ರಮಗಳಿವೆ. ಸಾಲಾಗಿ ಸಸಿಗಳನ್ನು ನೆಡುತ್ತಾರೆ. ಎಲ್ಲಿಂದ ನೋಡಿದರೂ ಸಮಾನ ಭುಜ ತ್ರಿಕೋಣದ ಶೃಂಗಗಳಲ್ಲಿ ಮೂರು ಸಸಿಗಳು ಗೋಚರಿಸುವಂತೆ ನೆಡುವ ಪದ್ಧತಿ ಇದೆ; ಜಪಾನಿ ಪದ್ಧತಿ ಇದೆ; ಇನ್ನೂ ಅನೇಕ ಕ್ರಮಗಳಿವೆ. ಇವೆಲ್ಲ ಕ್ರಮಗಳಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಹಿತಕರವು — ಬೆಳೆಯ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ, ಅನುಕೂಲತೆಯ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ — ಯಾವುದು ಎಂದು ತೀರ್ಮಾನಿಸಲು ರೇಡಿಯೋ ರಂಜಕ ಇಲ್ಲವೆ ರೇಡಿಯೋ ಸೋಡಿಯಂ ಮಿಶ್ರಿತ ಗೊಬ್ಬರಗಳು ಅತ್ಯವಶ್ಯ ಬೀಳುತ್ತವೆ.

ಬೆಳೆಯುವ ಮಣ್ಣಿನ ಸುಧಾರಣೆ

ಮಣ್ಣಿನಲ್ಲಿ ಬೆಳೆಗೆ ಪೋಷಕವಾಗುವ ವಸ್ತುಗಳೂ ಇವೆ, ಹಾನಿಕಾರಕವಾಗುವ ವಸ್ತುಗಳೂ ಇವೆ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ವಸ್ತುವಿನಿಂದಲೂ

ಎಂಥ ಪರಿಣಾಮವು ಕಾಣುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿಯಲು ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯುಗಳೇ ಕಾರಣವಾಗಿವೆ. ಇಷ್ಟರತನಕದ ಭಾವನೆಗಳಿಗೆಲ್ಲ ಊಹೆ ಮತ್ತು ಕಲ್ಪನೆಗಳು ಆಧಾರಗಳಾಗಿದ್ದುವೇ ವಿನಾ ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲ. ರಷ್ಯಾದಲ್ಲಿ ಇದೀಗ ಇಂಥ ಅನೇಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸುತ್ತಲಿದ್ದಾರೆ.

ನಮ್ಮ ಸಾಕುಪ್ರಾಣಿಗಳೆಲ್ಲವೂ ಹುಲ್ಲುಕಡ್ಡಿಗಳನ್ನು ತಿಂದು ಜೀವಿಸುವಂಥವು; ಕಾರಣ, ಪ್ರಾಣಿಜೀವನದ ಆವಶ್ಯಕತೆಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ಸಸ್ಯವರ್ಗವು ಒದಗಿಸಬೇಕು. ಪ್ರಾಣಿಗಳ ದೇಹವರ್ಧನೆಗೆ ಆವಶ್ಯಕವಿರುವ ಧಾತುಗಳನ್ನು ಸಸಿಯು ಒದಗಿಸದಿದ್ದರೆ ಪ್ರಾಣಿಯು ಕೃಶವಾಗುವುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ತಮ್ಮತಮ್ಮ ಮೇವಿನಲ್ಲಿ ಸಾಕಷ್ಟು ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಕಬ್ಬಿಣ ಮತ್ತು ಕೋಬಾಲ್ಟ್ ಇಲ್ಲದೆ ಹೋದರೆ ದನಕರುಗಳು ಬಹಳ ಕೃಶವಾಗುವುವು. ಇವುಗಳ ನ್ಯೂನತೆಯ ಕಾರಣ ಈ ಪ್ರಾಣಿಗಳ ಪಚನಶಕ್ತಿಯೂ ಕುಗ್ಗುತ್ತ, ಪಿತ್ಥಕೋಶದಲ್ಲಿ ವಿಶಿಷ್ಟ ದೌರ್ಬಲ್ಯವು ಕಂಡುಬರುವುದು. ಇದನ್ನಾದರೋ ಕಂಡುಕೊಂಡುದು ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯುಗಳನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿಯೇ ವಿನಾ ಇನ್ನಾವ ವಿಧಾನದಿಂದಲೂ ಅಲ್ಲ. ಕೊರತೆಯ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಮಣ್ಣಿನಲ್ಲಿ ತುಂಬಿಸಿದ ನಂತರವೇ ಇಂಥ ಸಾಕುಪ್ರಾಣಿಗಳ ಬೆಳವಣಿಗೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಗತಿ ಕಂಡುಬಂದಿತು.

ಇಂಥ ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಧಾತುಗಳನ್ನು ಹುಲ್ಲಿನ ಮೇಲೆ ಚಿಮುಕಿಸುವುದರಿಂದ ಹಾನಿ ಇಲ್ಲವೆ ? ಇವುಗಳ ವಿಕಿರಣಗಳಿಂದ ನೇರಾಗಿ ಹಾನಿ ತಟ್ಟುವಂತಿಲ್ಲವೆ ಎಂದೆನಿಸೀತು. ಆದರೆ ಇಷ್ಟರತನಕದ ಸಂವೀಕ್ಷಣೆಗಳಿಂದ ಇಂಥ ಪದಾರ್ಥಗಳಿಂದ ಹೆಚ್ಚಿನ ಹಾನಿಯಾಗುವುದಿಲ್ಲ ಎಂಬುದು ತಿಳಿದು ಬಂದಿರುತ್ತದೆ.

ರೋಗಗಳನ್ನು ತಡೆಯಬಲ್ಲೆವೆ ?

ಫಲವೃಕ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಕ್ಲೋರೋಸಿಸ್ (chlorosis) ಎಂಬ ಒಂದು

ರೋಗವು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಮರದ ಹಸುರಿಕೆ (chlorophyll) ಎಲ್ಲವೂ ಮೊದಮೊದಲು ಕಡಮೆಯಾದಂತೆ ಕಂಡು ಮುಂದೆ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಅದೃಶ್ಯವಾಗುವುದೇ ಈ ರೋಗದ ಮುಖ್ಯ ಲಕ್ಷಣ. ಮರವೆಲ್ಲವೂ ಹಳದಿ ಬಣ್ಣಕ್ಕೆ ತಿರುಗುತ್ತ ಇನ್ನೇನು ಸಾಯುವುದೋ ಎಂಬ ಭಯವನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ವೃಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಯಾವ ಧಾತುವು ಕೊರತೆಯಲ್ಲಿರುವುದರಿಂದ ಈ ನ್ಯೂನತೆ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ?

ಕಬ್ಬಿಣ, ಸತು, ತಾಮ್ರ, ಮೆಂಗನೀಸ್ ಮೊದಲಾದ ಧಾತುಗಳು ತಮತಮಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಮರದಲ್ಲಿರಲೇಬೇಕು. ಇವುಗಳ ಕೊರತೆಯೇ ಕ್ಲೋರೋಸಿಸ್‌ಗೆ ಕಾರಣವೆಂಬುದನ್ನು ಆಯಾಯ ಧಾತುಗಳ ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನೊದಗಿಸಿಯೇ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿ ತಿಳಿಯಲಾಗಿದೆ. ಇಂಥ ಕೊರತೆಯಿರುವ ಒಂದೋ ಹಲವೋ ಧಾತುಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸಿ ಮಣ್ಣಿನ ಆಮ್ಲಗುಣವನ್ನು (acidity) ಕಡಮೆ ಮಾಡಿದರೂ, ಹಾಗೆಯೇ ಇಟ್ಟರೂ, ಅದರ ಕ್ಷಾರಗುಣವನ್ನು (alkelinity) ಕಡಮೆ ಮಾಡಿದರೆ ವೃಕ್ಷಗಳು ಪುನಃ ಸಮೃದ್ಧವಾಗಿ ಬೆಳೆಯಬಲ್ಲವು.

ಹಾನಿಕಾರಕ ಕೀಟಗಳ ಪರೀಕ್ಷೆ

ಕೊಳೆರೋಗಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾಗುವ ಮತ್ತು ಎಲೆಗಳನ್ನು ತಿನ್ನುವ ಕೀಟಗಳು ಹಲವು ಸಸ್ಯವರ್ಗಕ್ಕೆ ಅಪಾರ ಹಾನಿಯನ್ನೊದಗಿಸುವುವು. ಇಂಥ ಕೀಟಗಳ ನಿರ್ಮೂಲನಕ್ಕೆ ಎಂಥ ಮದ್ದನ್ನು ಚಿಮುಕಿಸಬೇಕು? ಈ ಮದ್ದು ತಾನು ಎಲೆಗಳಿಂದ ಹೀರಲ್ಪಟ್ಟು ಇನ್ನೇನೂ ಹಾನಿಗೆ ಕಾರಣವಾಗಬಾರದಷ್ಟೆ. ಇನ್ನು ಹಗಲು ಇಂಥ ಮದ್ದನ್ನು ಚಿಮುಕಿಸಬೇಕೆ? ರಾತ್ರಿ ವೇಳೆ ಇದನ್ನು ಚಿಮುಕಿಸಬೇಕೆ ಎಂಬ ಎಲ್ಲ ತೀರ್ಮಾನಗಳಲ್ಲೂ ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳೇ ತಕ್ಕ ನೆರವನ್ನಿತ್ತಿವೆ.

ಸಸ್ಯವರ್ಗದಿಂದ ಇಂಗಾಲಾಸ್ವಾದನೆ

ಸಸಿಗಳೆಲ್ಲವೂ ಹಗಲು ಹೊತ್ತಿನಲ್ಲಿ ವಾತಾವರಣದಿಂದ ಇಂಗಾಲಾಮ್ಲವನ್ನು ಹೀರುತ್ತ ಬೆಳಕಿನಿಂದ ತಕ್ಕಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆದು ಇಂಗಾಲವನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸುತ್ತವೆ. ಇದೇ ಇಂಗಾಲವು ಮುಂದೆ ಶರ್ಕರ, ಪಿಷ್ಟಗಳಾಗಿಯೂ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಲದೆ ಈ ವೇಳೆ ಆಮ್ಲಜನಕವೂ ಬಿಡುಗಡೆ ಹೊಂದುತ್ತ ಆಕಾಶವನ್ನು ಸೇರುತ್ತದೆ. ಈ ಕ್ರಿಯೆಯಾದರೋ ಬೆಳಕಿನ ಸನ್ನಿವೇಶದಲ್ಲಿ ಪತ್ರಗಳ ಹಸುರಿಕೆ — ಹರಿತ್ತು (chlorophyll) — ಇರುವ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಜರುಗುವಂಥ ಕ್ರಿಯೆಯಾಗಿದೆ. ಇದನ್ನು ಬಹಳ ಕಾಲದಿಂದಲೂ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಲಾಗಿತ್ತು. ಬೆಳಕನ್ನಾಗಲೀ, ಹರಿತ್ತನ್ನಾಗಲೀ ತಪ್ಪಿಸಿದರೆ ಈ ಕಾರ್ಯವು ಜರಗಲಾರದು ಎಂಬುದೂ ಸ್ಪಷ್ಟವಿದೆ. ಆದರೆ ಪತ್ರಹರಿತ್ತು ನೇರವಾಗಿ ಸರ್ವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೇಗೆ ಪಡೆಯುತ್ತದೆ ? ಇಂಗಾಲಾಮ್ಲಾನಿಲವು ಪತ್ರಗಳ ಮೂಲಕ ಮಾತ್ರ ಗಿಡವನ್ನು ಸೇರುತ್ತದೆಯೆ ? ಬೇರುಗಳ ಮೂಲಕವೂ ಗಿಡವನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸುತ್ತದೆಯೆ ? ಮುಂದೆ ಗಿಡದಲ್ಲಿ ಶೇಖರವಾಗುವ ಶರ್ಕರ ಪಿಷ್ಟಗಳು ಎಲ್ಲಿ, ಹೇಗೆ, ಎಷ್ಟು ದಟ್ಟವಾಗಿ ಸಾಂದ್ರೀಕೃತವಾಗುವುವು ? ಇವೆಲ್ಲ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳ ಉತ್ತರಗಳನ್ನೂ ಇತರ ಈ ಸಂಬಂಧವಾದ ವಿವರಗಳನ್ನೂ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಸಂಗ್ರಹಿಸಿಕೊಂಡುದು ರೇಡಿಯೋ ಇಂಗಾಲದ ಉಪಯೋಗದಿಂದಲೇ. ಇಂಗಾಲದ ಪರಮಾಣು ತೂಕ 12. ಇಂಗಾಲ 11 ಮತ್ತು ಇಂಗಾಲ 14 ಇವೆರಡೂ ಇಂಗಾಲದ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ ಇವೆರಡೂ ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಧಾತುಗಳು. ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಇಂಗಾಲವನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಇಂಗಾಲಾಮ್ಲಾನಿಲವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದಾಗ ಇಂಗಾಲ 11ನ್ನೋ ಇಂಗಾಲ 14ನ್ನೋ ಹೊರಗಿನಿಂದಲೇ ಗೊತ್ತುಹಚ್ಚುತ್ತ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ನಡೆಸಲು ಬರುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಲದೆ ಇಂಗಾಲವು ಎಂಥ ಎಲ್ಲ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ತೋರುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ತೀರ್ಮಾನಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇಂಗಾಲ 14ರ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು ಇಂಗಾಲ 11ರ

ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು. ಎಂತಲೇ ಇಂಥ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಇಂಗಾಲ 14ನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ದೊಡ್ಡ ಜಾಡಿಯೊಳಗೆ ಇರಿಸಿದ ಸಸಿಯನ್ನು ಬೆಳಕಿನಲ್ಲೋ, ಕತ್ತಲಲ್ಲೋ ಇಟ್ಟು ಇಂಗಾಲ 14ನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಇಂಗಾಲಾಮ್ಲ ಅನಿಲ ವನ್ನೊದಗಿಸಿದಾಗ ಸಸಿಯು ತನ್ನ ಯಾವ ಭಾಗಗಳ ಮೂಲಕ ಎಷ್ಟರ ಪ್ರಮಾಣದ ಅನಿಲವನ್ನು ಹೀರುತ್ತದೆ ಎಂಬುದರ ನಿರ್ಣಯವನ್ನೂ ತಕ್ಕ ಉಪಕರಣಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದಲೇ ಮಾಡಬಹುದು. ಎಲೆಗಳ ಪತ್ರ ರಂಧ್ರಗಳು ಎಷ್ಟು ವೇಗವಾಗಿ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಹೀರುತ್ತವೆ? ಸಸಿಯೊಳಭಾಗವನ್ನು ಹೊಕ್ಕ ಅನಿಲವೊಂದು ಎಷ್ಟು ವೇಗವಾಗಿ ಉಳಿದ ಭಾಗಗಳಿಗೆ ಹರಿಯುತ್ತದೆ ಎಂಬ ಪರೀಕ್ಷಾ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನೂ ರೂಬೆನ್, ಹಾಶಿದ್ ಮತ್ತು ಕಾಮೆನ್ (Ruben, Hassid, Kamen) ಎಂಬವರು ನಡೆಸಿದ್ದಾರೆ. ಇಂಗಾಲದ ಆಸ್ವಾದನೆಯು ಹಗಲಲ್ಲಷ್ಟೇ ನಡೆಯುವ ಕಾರ್ಯವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತ್ತು. ಇದು ರಾತ್ರಿಯಲ್ಲೂ ಜರುಗುತ್ತದೆ, ಆದರೆ ಬಹಳ ಮೆಲ್ಲನೆ ಜರುಗುವಂಥದು ಎಂಬ ತೀರ್ಮಾನಕ್ಕೆ ಮೇಲೆ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಬಂದಿರುವರು. ಶೈವಾಲ (Algae)ಗಳನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಕತ್ತಲಲ್ಲೂ ಸಾಕಷ್ಟು ವೇಗವಾಗಿಯೇ ಇಂಗಾಲದ ಹೀರುವಿಕೆಯು ಕಂಡುಬಂದಿತ್ತು. ಇಂಥ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯು ಹಗಲಲ್ಲೂ ಕತ್ತಲಲ್ಲೂ ಜರುಗುತ್ತಲೇ ಇದ್ದು ಇಂಥ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯ ಕಾರಣ ಕಾರ್ಬಾಕ್ಸಿಲ್ ಗುಂಪಿನ ಒಂದು ಬೃಹದಣು (ಸಾವಯುವ ಸಂಯುಕ್ತ organic compound) ರಚನೆ ಯಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ನಂತರ $C_6H_{12}O_6$ ಎಂಬ ರಚನೆಯ ಅಣುಗಳು ರಚನೆ ಹೊಂದುತ್ತಲೂ ಅನಂತರ ಈ ಬೃಹದಣುಗಳು ತಕ್ಕ ರೂಪಾಂತರ ಹೊಂದಿದ ನಂತರವೇ ಇಂಗಾಲವು ಸಸಿಯಿಂದ ಹೀರಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನೇ ಇಂಗಾಲಾಸ್ವಾದನೆ (Corbon assimilation) ಎನ್ನುತ್ತೇವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಪತ್ರಹರಿತ್ತು ಮತ್ತು ಬೆಳಕು ಪ್ರೇರಕಗಳು, ಉತ್ಕರ್ಷಕಾರಕಗಳೇ (accelerators) ವಿನಾ, ಇವಿಲ್ಲದಿದ್ದರೂ

ಅದು ತನ್ನಂತೆಯೇ ನಡೆಯುವ ಜೀವಕಾರ್ಯವೆಂಬುದು ಇದೀಗ, ಈ ಶೋಧಗಳ ನೇರೆಗೆ ಸ್ವೀಕೃತವಾಗಿರುವ ವಿಚಾರ.

ಕ್ರಿಮಿನಾಶಕಗಳಲ್ಲಿ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು

ಪೈರುಗಳಲ್ಲಿ, ಗಿಡ, ಸಸಿಗಳಲ್ಲಿ ಎಲೆಗಳ ಮೇಲೆ, ಇಲ್ಲವೆ ಕಾಂಡಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಜೀವಿಯಾಗಿ ಬಾಳುವ ಪ್ರಾಣಿವರ್ಗ ಮತ್ತು ಸಸ್ಯವರ್ಗದ ಕ್ಷುದ್ರ ಜೀವಿಗಳಿಂದ ತೋರುವ ಉಪದ್ರವಗಳು ಅನೇಕವಿರುತ್ತವೆ. ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣದಿದ್ದರೂ ಬೂಷ್ಟು ಕೂಡ ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ತೇಲುತ್ತಾ, ಸಂಚರಿಸುತ್ತಾ ಅಪಾರ ಹಾನಿಯನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಬಹುದು. ಇಂಥ ಉಪದ್ರವ ಕಾರಿ ಉಪಜೀವಿಗಳ ನಾಶಕ್ಕೆಂದು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವ ಅನೇಕ ಬೂಷ್ಟು ನಾಶಕ—ನಿವಾರಕ--ದ್ರವ್ಯಗಳು ಇಂದು ತಯಾರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಇವನ್ನು ಹೇಗೆ, ಎಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಎಂಥ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸ ತಕ್ಕುದು ? ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಬಗೆಹರಿಸುವುದರಲ್ಲೂ ರೇಡಿಯೋ ಸಮ ಸ್ಥಾನೀಯಗಳೇ ಅತ್ಯಂತ ಸಹಕಾರಿಗಳು. ಇತರ ರಾಸಾಯನಿಕ, ವಿಶ್ಲೇಷಣಾತ್ಮಕ ವಿಧಾನಗಳಾವುವೂ ಇಂಥ ತೀರ್ಮಾನದಲ್ಲಿ ಸಹಕಾರಿ ಯಾಗುತ್ತಲಿಲ್ಲ; ಬದಲು ಇದೀಗಲೇ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಹಲವು ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯ ಮೇಲೆ ಬೆಳಕನ್ನು ಚೆಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಕ್ರಿಮಿಕೀಟಗಳನ್ನೋ, ಇತರ ಉಪಜೀವಿಗಳನ್ನೋ ಮಾತ್ರ ನಾಶಮಾಡುವುದು ನಮ್ಮ ಕರ್ತವ್ಯವಷ್ಟೆ. ಈ ಬಗ್ಗೆ ಇಂಥ ಕೀಟಗಳ ಬೆಳವಣಿಗೆ ಮತ್ತು ಜೀವಾವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಅಭ್ಯಾಸ ಮಾಡಬೇಕು. ಇವುಗಳ ವಿವಿಧ ಅವಸ್ಥೆಗಳಲ್ಲಿ ಇವುಗಳ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸಲು ಅವಶ್ಯವಾಗಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ತರದ ಬಣ್ಣಗಳನ್ನು — ರಂಗು (dye) — ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಹಂಚಿಕೆಯನ್ನು ಕೈಗೊಂಡಾಗಲೂ ಕೆಲವು ತೊಡಕು ಗಳು ಕಂಡುಬಂದುವು. ಇಂಥ ರಂಗನ್ನು ಲೇಪಿಸಿಕೊಂಡ ಕೀಟವೋ, ಹಾತೆಯೋ, ಉಳಿದ ಕೀಟಗಳ ಇಲ್ಲವೇ, ಹಾತೆಗಳ ಒಡನಾಟ ವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಉಳಿದುವು ಇಂಥವನ್ನು ಬಹಿಷ್ಕರಿಸಿ

ಬಿಡುತ್ತವೆ. ಇಂಥ ಪ್ರಾಣಿಗಳ ಋತು ಪರ್ಯಟನವನ್ನು ಅಭ್ಯಾಸ ಮಾಡುವಾಗಲಷ್ಟೇ ಈ ವಿಚಾರವು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಗಮನವನ್ನು ಸೆಳೆಯಿತು. ಇಂಥ ರಂಗುಗಳನ್ನು ಸವರುವುದರಿಂದ ಹಾನಿಯಾಗುವ ನಿಮಿತ್ತ ಈ ಕೀಟಗಳ ಮೇಲೆ ರಶ್ಮಿ ವಿಕ್ಷೇಪಕ—ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯಾಕಾರಕ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಸವರಿದರೆ, ಈ ವಿಚಾರವಾದರೂ ಆ ಕೀಟಗಳಿಗಾಗಲೀ, ಇತರ ಕೀಟಗಳಿಗಾಗಲೀ ತಿಳಿಯದು. ಮಾತ್ರವಲ್ಲ, ಇಂಥವನ್ನು ಹೊರಗಿನಿಂದಲೇ ತಕ್ಕ ಉಪಕರಣಗಳಿಂದ ಗುರುತಿಸಬಹುದು. ಹೀಗೆ ಕ್ರಿಮಿಕೀಟಗಳ, ಇಲ್ಲವೆ ಇತರ ವರ್ಗಗಳಲ್ಲಿನ ಉಪಜೀವಿಗಳ ಜೀವನಕ್ರಮಗಳ ಅಭ್ಯಾಸದಲ್ಲಿ ಇಷ್ಟರಲ್ಲೇ ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು ತುಂಬಾ ಸಹಕಾರಿಯಾಗಿವೆ. ಎಂದರೆ, ಇಂಥ ಪ್ರಾಣಿಗಳ ಚಲನವಲನಗಳನ್ನಭ್ಯಸಿಸಿ, ಇವು ತಂತಮ್ಮ ಜೀವನದಲ್ಲಿ ಯಾವ ಅವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಹಾನಿಕರವಾಗುವುವೋ ಅಷ್ಟರಲ್ಲಿ ಅವು ನಿಶ್ಚೇಷ್ಟಿತವಾಗುವಂತೆ ತಕ್ಕ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಕೈಗೊಂಡರೆ ಅವುಗಳಿಂದ ಹಾನಿ ತಟ್ಟದು. ಇಂಥ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಇಷ್ಟರಲ್ಲೇ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿವೆ.

ರೇಡಿಯೋ ರಂಜಕ 32 ಮತ್ತು ರೇಡಿಯೋ ಸ್ಟ್ರಾಂಷಿಯಂ 89 ಇವೆರಡು ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಇಷ್ಟರಲ್ಲೇ ಮಲೇರಿಯಾವನ್ನು ಹಬ್ಬುವಂತೆ ಮಾಡುವ ಸೊಳ್ಳೆಗಳ ಜೀವನದ ಅಧ್ಯಯನದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ. ಮೊಟ್ಟೆಯೊಡೆದು ಸೊಳ್ಳೆಯು ಹೊರಗೆ ಬರುವಷ್ಟರಲ್ಲೇ ಇದು ತನ್ನ ಸುತ್ತಲೂ ಚೆಲ್ಲಲಾದ ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ದ್ರವ್ಯವನ್ನು ಹೀರುತ್ತಾ ಮುಂದೆ ತನ್ನ ಜೀವಿತದ ಉದ್ದಕ್ಕೂ ಇಂಥ ಗುಣವನ್ನೇ ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಇದರಿಂದಲೇನೂ ಅದರ ಇತರ ಕಾರ್ಯಕಲಾಪಗಳು ಪರಿಣತವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ನಿಶ್ಚಿತ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಗುರುತಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಸೊಳ್ಳೆಯೊಂದು ಎಷ್ಟು ದೂರ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿದರೆ, ಇಂಥ ಅನೇಕ ಸೊಳ್ಳೆಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದಾಗಲೂ, ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಒಂದು ದಿನದಲ್ಲಿ ಇವು ಎಷ್ಟು ದೂರ ಈ ರೋಗವನ್ನು ಹಬ್ಬುತ್ತವೆ ಎಂಬುದರ ನಿಖರ ಜ್ಞಾನವು ಲಭಿಸುತ್ತದೆ. ಇನ್ನಾವ ಕ್ರಮದಿಂದಲೂ ಇಂಥ ನಿರ್ಣಯವು ಅಸಾಧ್ಯವೇ. ಈ ವಿಷಯವನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ತುಸು ವಿವರಿಸಬಹುದು. ಇಂದು

ಮಂಗಳೂರಿನಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲಾ ಸೊಳ್ಳೆಗಳನ್ನು ನಾಶಮಾಡಲಾಗಿದೆ ಎನ್ನಿರಿ. ಇಷ್ಟರಿಂದಲೇ ನಮ್ಮ ಕಾರ್ಯವು ಪೂರ್ತಿಯಾಗದು. ಎಷ್ಟು ದೂರದಿಂದ ಇಲ್ಲಿಯತನಕ ಸೊಳ್ಳೆಗಳು ಒಂದು ದಿನದಲ್ಲಿ ಧಾವಿಸಿ ಬರಬಲ್ಲುವೋ ಸುತ್ತಲೂ ಅಷ್ಟು ದೂರದ ಜಾಗದಲ್ಲೆಲ್ಲ ಸೊಳ್ಳೆಗಳನ್ನು ನಾಶಮಾಡ ತಕ್ಕುದು. ಹೀಗೆ ಮಾಡಿದರೇನೇ ಮಂಗಳೂರಿನಲ್ಲಿ ಸೊಳ್ಳೆಗಳ ನಾಶ ಮತ್ತು ನಿರೋಧಕ ಕ್ರಮ ಸಂಪೂರ್ಣ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗುತ್ತದೆ. (ಇದು ಸಾಧ್ಯವೆ ಎಂಬ ವಿಚಾರ ಬೇರೆ. ಇದು ಸಾಧ್ಯವಲ್ಲವೆಂಬುದನ್ನು ಒಪ್ಪ ಬಹುದು. ಆದರೆ ಇತರ ಕೀಟಗಳಿಗೆ ಈ ಮಾತು ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ.) ಇಂಥ ನಿರ್ಣಯಗಳನ್ನು ಇಷ್ಟರಲ್ಲೇ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ರೇಡಿಯೋ ಸಮ ಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಸುದೈವವಶಾತ್, ಸೊಳ್ಳೆ ಮತ್ತು ಇತರ ಅನೇಕ ಕೀಟಗಳು ಒಂದು ದಿನದಲ್ಲಿ ಕೆಲವೇ ಅಡಿ ದೂರದ ತನಕವೂ ಚಲಿಸಲಾರವು. ಆದುದರಿಂದ ಇಂಥ ಕೀಟ ನಿರೋಧಕ ಯತ್ನಗಳು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗುವ ಸಾಧ್ಯತೆ ಇದೆ.

ಆದರೆ, ಇಲ್ಲಿ ಒಂದು ಮಾತನ್ನು ಹೇಳುವ ಆವಶ್ಯಕತೆಯೂ ಇದೆ. ಈಗ ಹದಿನೈದು ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ D.D.T. ಹೊಡೆದು ಸೊಳ್ಳೆಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮೂಲನಗೊಳಿಸುವ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಕೈಗೊಳ್ಳಲಾಯಿತು. ಆದರೆ, ಇಂದು, ಈ ಹದಿನೈದು ವರ್ಷಗಳ ನಂತರ D.D.Tಯು ಸೊಳ್ಳೆಗಳನ್ನು ಕೊಲ್ಲಲಾರದು. D.D.Tಗೆ ಏನೋ ಬೆರಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ, ಹಾಳು D.D.Tಯು ಚಿಮುಕಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ ಎಂಬ ಕೂಗು ಕೇಳಿಬರುತ್ತಲಿದೆ. ನಿಜಸ್ಥಿತಿಯಾದರೋ ಹೀಗಿದೆ: ಈಗಿನ ಹಲವು ತಲೆಮಾರುಗಳಲ್ಲಿ D D.T ಚಿಮುಕಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಸೊಳ್ಳೆಗಳೂ ಇತರ ಕೀಟಗಳೂ ಇದನ್ನೆದುರಿ ಸುವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆದಿದ್ದು, ಇಂಥ ನಿರೋಧಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಆನು ವಂಶಿಕವಾಗಿ ಪಡೆದಿರುತ್ತವೆ. ಆದುದರಿಂದಲೇ D.D.T ಯನ್ನು ಚಿಮುಕಿಸಿದಾಗ, ಸೊಳ್ಳೆಗಳೂ ಕೀಟಗಳೂ ಹಿಂದಿನಂತೆ ಅಸಂಖ್ಯವಾಗಿ ಬಲಿ ಬೀಳುತ್ತಲಿಲ್ಲ. ಈ ಮಾತು ಇತರ ಕ್ರಿಮಿನಾಶಕ ದ್ರವ್ಯಗಳಿಗೂ ಸಲ್ಲುತ್ತದೆ.

ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯ ಪರಿಹಾರದಲ್ಲೂ ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು ನೆರವಾಗಬಲ್ಲವೇ ? ಕ್ರಿಮಿನಾಶಕಗಳ ಮೇಲೆ ಹಲವು ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಚೆಲ್ಲುತ್ತಾರೆ. ಇವನ್ನು ಗುರುತಿಸಿ ಕ್ರಿಮಿ ಕೀಟಗಳ ವಿವಿಧಾವಸ್ಥೆಗಳಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳನ್ನಭ್ಯಸಿಸುತ್ತಾರೆ. ಎಂದರೆ ಅವುಗಳ ಬೆಳವಣಿಗೆಯ ವಿವಿಧಾವಸ್ಥೆಗಳಲ್ಲಿ ಆಟೋರೇಡಿಯೋ ಗ್ರಾಫ್‌ಗಳನ್ನು ಪಡೆದು ಎಂಥ ಅವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಇವು ಹಾನಿಪ್ರದವಾಗುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನರಿತುಕೊಂಡು ಅಷ್ಟರತನಕವೂ ಕೀಟದ ದೇಹದಲ್ಲಿದ್ದು ಅದರ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಯಾವ ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯವು ಕುಂಠಿತಗೊಳಿಸ ಬಲ್ಲುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಲಕ್ಷಿಸಿ ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಪರಿಹರಿಸಲು ಬರುತ್ತದೆ.

ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳಿಂದ ಹೊರಹೊಮ್ಮುವ ತೀಕ್ಷ್ಣ ವಾದ ವಿಕಿರಣಗಳಾದರೋ ಚಿಕ್ಕ ಚಿಕ್ಕ ಗಾತ್ರದ ಕ್ರಿಮಿಕೀಟಗಳನ್ನು ಕೊಂದುಬಿಡುವುವು. ತೀಕ್ಷ್ಣತೆಯನ್ನು ಕಡಮೆ ಮಾಡಿದಾಗ ಇವು ಸಾಯುವುದಿಲ್ಲ ; ಬದಲು, ಅವುಗಳ ಶಾಶ್ವತವಾದ ಬಂಜೆತನವನ್ನು ತೋರುವುವು. ಅಂಥ ಗಂಡು ಕೀಟಗಳಿಂದ ಮುಂದೆ ಎಷ್ಟಕ್ಕೂ ಸಂತಾನವು—ಕೀಟಗಳ ಅಸಂಖ್ಯ ಉತ್ಪತ್ತಿಯು—ಉಂಟಾಗಲಾರದು. ಅಂತೂ ಈ ತೆರನಾದ ಉಪಾಯದಿಂದ ಕೀಟಗಳ ವರ್ಗವನ್ನೇ ನಾಶ ಮಾಡಬಹುದು. ಕೋಬಾಲ್ಟ್ 60ರ ವಿಕೀರ್ಣಗಳನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ಮಿಲಿಯಗಟ್ಟಳೆ ಸ್ಕ್ರೂಹುಳಗಳನ್ನು ಹತವೀರ್ಯಗೊಳಿಸಿ ಇಂಥವನ್ನೇ ಹೆಣ್ಣು ಹುಳಗಳೊಡನೆ ಬೆರೆಯುವಂತೆ ಮಾಡಿದಾಗ ನಾಲ್ಕಾರು ತಲೆ ಮಾರುಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಕೀಟಗಳ ಪೀಳಿಗೆಯೇ ನಾಶವಾಯಿತು. ಇಂಥ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ 1954ರಲ್ಲಿ ಯುನೈಟೆಡ್ ಸ್ಟೇಟ್ಸ್‌ನಲ್ಲಿ ಕೈಗೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ.

ಸೊಳ್ಳೆಗಳ ಮೊಟ್ಟೆಗಳಿಂದಲೂ ವಿಕೀರ್ಣಗಳನ್ನು ಹಾಯಿಸಬಹುದು. ಆಗ ಮೊಟ್ಟೆಗಳು ಒಡೆಯುವುದೇ ಇಲ್ಲ, ಮೊಟ್ಟೆಯೊಡೆದು ಸೊಳ್ಳೆಗಳು ಹೊರಗೆ ಬಂದರೂ ಮುಂದೆ ನಿರ್ವೀರ್ಯವಾಗಿರುತ್ತ ಸಂತಾನೋತ್ಪಾದನೆಗೆ

ನೆರವಾಗಲಾರವು. ತಕ್ಕ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ಇಂಥ ಕೀಟಗಳ ಹಾವಳಿಯನ್ನು ತೊಲಗಿಸುವ ಇಂಥ ಹಂಚಿಕೆಗಳು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗುತ್ತಲಿವೆ. ಪ್ರಯೋಗ ನಡೆಸುವ ವೇಳೆ ಇಂಥ ಕೀಟಗಳ ವಲಸೆ ಹೋಗುತ್ತಿರಬಾರದು, ಇನ್ನು ನಾವು ಆರಿಸಿದ ಹುಳಗಳು ಇಂಥ ದ್ರವ್ಯವನ್ನು ಹೀರುವಂತಿದ್ದು ಇತರ ಹಾನಿಗಳು ತಲೆದೋರಬಾರದು. ಹೀಗೆ ಇಂಥ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ತರದ ವಿಘ್ನ ವಿಡ್ಡೂರಗಳಿವೆ. ಇವನ್ನೆಲ್ಲ ಇದಿರಿಸುವ ತಕ್ಕ ಹಂಚಿಕೆಗಳು ಅತ್ಯಗತ್ಯ.

ಗಾಮಾ ವಿಕಿರಣಗಳ ನೆರವು

ಬಟಾಟೆಯ ಮೇಲೆ ಗಾಮಾ ವಿಕಿರಣಗಳನ್ನು ಹಾಯಿಸಿದಾಗಲೋ ಇದು ಸುಮಾರು 18 ತಿಂಗಳ ತನಕವೂ ಹಾಳಾಗುತ್ತಲಿದ್ದಿಲ್ಲ. ಅಲ್ಲದೆ ಇಂಥ ಬಟಾಟೆಯಿಂದ ಉತ್ಪಾದಿಸಿಕೊಂಡ ಗಿಡಗಳೂ ಪುಷ್ಟವಾಗಿದ್ದು ಮುಂದಿನ ತಳಿಯ ಬಟಾಟೆಯೂ ಸುಧಾರಿತವೆಂದು ಕಂಡು ಬಂದಿತು. ಆದರೆ ಎಷ್ಟು ತಳಿಗಳತನಕ ಹಾನಿಯಾಗಲಾರದು ಎಂಬುದನ್ನು ಇದೀಗ ನಾವು ಉತ್ತರಿಸಲಾರೆವು. ಅಂತೂ ಗಾಮಾ ವಿಕಿರಣಗಳ ದೆಸೆಯಿಂದ ಕೀಟ ವರ್ಗಕ್ಕೆ ಮತ್ತು ಸಸ್ಯವರ್ಗಕ್ಕೆ ಸಾಕಷ್ಟು ಹಿತವೊದಗಬಹುದೆಂಬ ಆಸೆಯು ವ್ಯಕ್ತವಾಗಿದೆ. ವಿವರಗಳ ಬಗ್ಗೆ ತಕ್ಕ ಶೋಧಗಳು ಅತ್ಯಗತ್ಯ.

ಸಾಕುಪ್ರಾಣಿಗಳ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ

ಸಾಕುಪ್ರಾಣಿಗಳ ಮೇಲೂ ಇಂಥ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳಿಂದ ವಿಕೀರ್ಣಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಫಲವಾಗಿ ಹಲವು ಹೊಸ ವಿಚಾರಗಳ ಸಂಗ್ರಹವಾಗುತ್ತಲಿದೆ. ರಂಜಕ 32ನ್ನು ಆಹಾರದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಪರೀಕ್ಷಿಸಲಾದ ವಿಚಾರಗಳಲ್ಲಿ ಇವು ಕೆಲವು : ಇದರಿಂದ ಪ್ರಾಣಿ ಹಾಲು ಹೆಚ್ಚು ಕೊಡಬಲ್ಲುದೆ ? ಹೆಚ್ಚು ಮೊಟ್ಟೆಗಳನ್ನಿಡಬಲ್ಲುದೆ ? ಮೊಟ್ಟೆಗಳ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಎಂಥ ಪ್ರೊಟೀನುಗಳು (Proteins) ಕಂಡುಬರುತ್ತವೆ ?

ಹೇಟೆಯೊಂದರ ಆಹಾರದಲ್ಲಿ ರಂಜಕವು ಅಂಕಿತಧಾತುವಾಗಿ ಗುರುತಿಸಲ್ಪಟ್ಟಾಗ ಸದ್ಯವೇ ಅದು ಇಡುವ ಮೊಟ್ಟೆಗಳಲ್ಲಿ ಈ ರಂಜಕವು ಉಪಯೋಗವಾಗುತ್ತದೆಂತಲೂ, ಈ ಮೊಟ್ಟೆಯ ಚಿಪ್ಪಿನ ರಚನೆಗೆ ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹಿಂದೆ ತಿಂದ ಆಹಾರದಲ್ಲಿನ ಮೂಲವಸ್ತುಗಳೇ ಕಾರಣವಾಗುತ್ತವೆಂತಲೂ ತಿಳಿದುಬಂದಿದೆ. ದನದ ಹಾಲು ಹೇಗೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ? ಹಾಲು ಅಧಿಕವಾಗಬೇಕಾದರೆ ಎಂಥ ಆಹಾರವು ಅಗತ್ಯ ಎಂಬ ಪರಿಕ್ಷಾ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಇಂಗಾಲ 14 ಇಷ್ಟರಲ್ಲೇ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿದ್ದು ಪ್ರಯೋಜನಕಾರಿಯಾಗಿದೆ.

ಬಟಾಟೆಯಂತೆಯೋ ಮಾಂಸವೂ ವಿಕೀರ್ಣಗಳನ್ನು ಹಾಯಿಸಿದುದರ ಫಲವಾಗಿ ಬಹಳ ದಿನ ಹಾಳಾಗದೆ—ಕೊಳೆಯದೆ—ಇರುವುದು ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ.

ತೊಂಡುದನದ ಕೆಚ್ಚನ್ನು–ತುಂಟತನವನ್ನು ರೇಡಿಯೋ ಐಯೊಡಿನ್ ಕಡಮೆಮಾಡುತ್ತದೆ. ಇದು ದನದ ಥೈರಾಯಿಡ್ (Thyroid) ಗ್ರಂಥಿಯನ್ನು ಸೇರಿ ದನದ ಕೆಚ್ಚನ್ನು ಕಡಿಮೆಮಾಡುತ್ತದೆ. ತುಂಟತನವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದರೊಡನೆ ಇಂಥ ದನದ ಹಾಲು ಹೆಚ್ಚುವುದೂ ಕಂಡುಬಂದಿದೆ. ಈ ಹಾಲಿನ ಸೇವನೆಯಿಂದ ಹಾನಿಯೇತರದೂ ಇಲ್ಲ.

ವನ್ಯ ಪ್ರಾಣಿಗಳೂ, ಮಾಂಸಕ್ಕಾಗಿ ಕಡಿಯಲ್ಪಡುವ ಪಶುಗಳೂ ಇಂಥ ರೇಡಿಯೋ ಐಯೋಡಿನ್‌ನ ಸೇವನೆಯಿಂದ ಪುಷ್ಟವಾಗಿ ಬೆಳೆಯುವುವು ; ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ, ಇಂಥ ಪ್ರಾಣಿಗಳ ಮಾಂಸವನ್ನು ಸೇವಿಸುವುದರಿಂದಲೂ ಎಂಥ ಹಾನಿಯೂ ತಲೆದೋರಿಲ್ಲ.

ಸಸಿಯ ಬೆಳಕಿನತ್ತ ಚಲನೆ, ಗುರುತ್ವಚಲನೆ ಮೊದಲಾದ ವಿವರಗಳ ಸಂಗ್ರಹದಲ್ಲೂ ಇಂಥ ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಸಹಕಾರಿಯಾಗುತ್ತಲಿವೆ.

ಅಧ್ಯಾಯ ೮

ಫ್ಯಾಕ್ಟರಿಗಳಲ್ಲಿ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳಿಂದ ನೆರವು

ಕಳೆದ ಎರಡು ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು ಹೇಗೆ ಅಂಕಿತ ಧಾತುಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ ಎಂಬ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ನಿದರ್ಶನಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದೆವು. ಇವು ತಾವು ಎಲ್ಲಿದ್ದರೂ, ಪ್ರಾಣಿ ಇಲ್ಲವೇ ಸಸಿಯೊಳಭಾಗದಲ್ಲಿದ್ದರೂ ತಂತಮ್ಮ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳದೆ ಹೊರಭಾಗದಿಂದ ಪರೀಕ್ಷಿಸುವವನ ಮಾಪಕಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ತಮ್ಮ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತವೆ. ತೀಕ್ಷ್ಣವಾದ ತಾಪದಿಂದಲಾಗಲೀ, ಒತ್ತಡದಿಂದಲಾಗಲೀ, ಶೋಷಣದಿಂದಲೇ ಆಗಲೀ, ಅತಿ ಶೀತಲೀಕರಣ, ಬಿರುಸಿನ ಹೊಡೆತ, ತಮ್ಮ ಸುತ್ತಲೂ ತೀಕ್ಷ್ಣವಾದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ, ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಹೆಚ್ಚುವಿಕೆ ಮೊದಲಾದ ಎಂಥ ಕಾರಣಗಳಿಂದಲೂ ಇಂಥ ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು ತಂತಮ್ಮ ಸ್ವಾತಂತ್ರ್ಯವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳಲಾರವು. ಇದರಿಂದ ಇಂಥವನ್ನು ಎಲ್ಲಿಯೂ ನಾವು ಧಾರಾಳವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಆಹಾರದಲ್ಲಿ ಬೆರಸಲಾಗುವ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳೋ, ಇಲ್ಲವೆ ಸಸಿಯು ಆಸ್ವಾದಿಸತಕ್ಕ ದ್ರಾವಣದಲ್ಲಿ ಕರಗಿಸುವ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳೋ ಅಲ್ಪಾಯುಸ್ಸು (ಅಲ್ಪ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು–low half life)ಳ್ಳವುಗಳಾಗಬೇಕು. ಇಂಥ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸಿನ ಸುಮಾರು ಹತ್ತುಪಾಲಿನಷ್ಟರ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ನಾವು ಆರಿಸಿಕೊಂಡ ವಸ್ತುವಿನ ಕೇವಲ $\frac{1}{1000}$ ರಷ್ಟು ಮಾತ್ರ ಉಳಿದಿರುತ್ತದೆ, ಇನ್ನು 20ರಷ್ಟರ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ $\frac{1}{1000000}$ ರಷ್ಟು ಮಾತ್ರ ಉಳಿದಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ ಜೈವ ರಾಸಾಯನಿಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಇಂಥ ಅಲ್ಪ ಪರಿಮಾಣದ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸಿನ ರೇಡಿಯೋ

ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನುಪಯೋಗಿಸತಕ್ಕುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಮೆಂಗನೀಸ್ 56ರ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು $2\frac{1}{2}$ ಗಂಟೆ. ಇನ್ನು ರೇಡಿಯೋ ಸೋಡಿಯಂ 24 ಹಾಗೂ ರೇಡಿಯೋ ಗಂಧಕ, ರೇಡಿಯೋ ರಂಜಕ 32 ಮತ್ತು ರೆಡಿಯೋ ಆರ್ಗೋನ್ ಇವುಗಳ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸುಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ 5 ಗಂಟೆ, 87ದಿನ, 14ದಿನ ಮತ್ತು 2 ಗಂಟೆಗಳು. ಇವನ್ನು ಇಂಥ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಅಂಕನ ಧಾತುಗಳಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಇತರ ಉದ್ಯಮಗಳಲ್ಲಿನ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಎಂಥ ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು ಅಗತ್ಯ ?

ಅಲ್ಪ ಪರಿಮಾಣದ ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಜೈವಿಕ ಮತ್ತು ಜೈವರಾಸಾಯನಿಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಉಪಯೋಗಿಸುವುದೇ ವಿನಾ, ಉದ್ಯಮಗಳಲ್ಲಿನ ವಿವಿಧ ಪರೀಕ್ಷಾ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಲ್ಲ. ವಿವಿಧ ಉಪಕರಣಗಳ ಉಪಯೋಗದಿಂದೊದಗುವ ಸವೆತ, ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿನ ಲೋಹದ ಗಡಸುತನ ಪೆಡಸುತನಗಳ ಬದಲಾವಣೆ ಇಂಥ ಲೋಹಗಳಲ್ಲೂ ಮಿಶ್ರಲೋಹಗಳಲ್ಲೂ ಕಂಡುಬರಬಹುದಾದ ಕಾಠಿಣ್ಯ ಇಂಥ ವಿಚಾರಗಳ ನಿರ್ಣಯಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಕಷ್ಟು ದೀರ್ಘತರವಾದ ಅಲ್ಪಾಯುಸ್ಸುಳ್ಳ ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು.

ಪದಾರ್ಥದ ಅಂತರ್ರಚನೆಯ ರಹಸ್ಯ-ಸ್ವಾರಸ್ಯ

ನಮ್ಮ ನಿತ್ಯದ ವ್ಯಾವಹಾರಿಕ ಜೀವನದಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಲೋಹಗಳನ್ನು ಮಿಶ್ರಲೋಹಗಳನ್ನು ಬಳಸುತ್ತಲಿದ್ದೇವೆ. ಇಷ್ಟರತನಕ ಯಾವ ವಿಧಾನದಿಂದಲೂ ಮಿಶ್ರಲೋಹದಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ಪರಮಾಣುಗಳು ಹೇಗೆ ಹಂಚಿಹೋಗಿವೆ, ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಮೂಲಧಾತುಗಳು ಎಂಥ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುತ್ತವೆ ಎಂಬುದು ತಿಳಿದು ಬಂದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಇದೀಗ ಶುದ್ಧಲೋಹದ ಬದಲಿಗೆ, ಅದೇ ಲೋಹದ ರೇಡಿಯೋ ಸಮ

ಸ್ಥಾನೀಯದ ಮಿಶ್ರಲೋಹವನ್ನೊದಗಿಸಿಕೊಂಡರೆ ಇಂಥ ಮಿಶ್ರಲೋಹದ ಸುತ್ತಲೂ ಛಾಯಾಗ್ರಾಹಕವನ್ನಿರಿಸಿ ಚಿತ್ರವನ್ನೊದಗಿಸಿಕೊಂಡಾಗ ಆ ವಿಶಿಷ್ಟ ಲೋಹದ ಪರಮಾಣುಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಚಿತ್ರವು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ. ವಿವಿಧ ಪರಮಾಣುಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಚಿತ್ರಣಗಳನ್ನು ಇಂಥ ಆಟೋ ರೇಡಿಯೋಗ್ರಾಫ್‌ಗಳಿಂದ ಪಡೆಯಬಹುದು. ಇನ್ನಾವ ಕ್ರಮದಿಂದಲೂ ಇಂಥ ಸಂವೀಕ್ಷಣೆಯು ಅಸಾಧ್ಯವೇ ಆಗಿದೆ.

ಶುದ್ಧಲೋಹಗಳನ್ನು ಎರಕಹೊಯ್ದು ವಿವಿಧ ಪರಿಮಾಣದಷ್ಟರ ದಪ್ಪದ ಹಾಳೆಗಳನ್ನು ಪಡೆದಾಗಲೂ ಇವುಗಳ ಗಡಸುತನ, ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕ ಗುಣವೆಲ್ಲವೂ ಇಂಥ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳು ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಎಷ್ಟು ದೂರದಲ್ಲಿವೆ ಎಂಬುದರಿಂದ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುವಂಥವು. ಆದುದರಿಂದ ಇಂಥ ಹಾಳೆಗಳಲ್ಲಿನ ಪರಮಾಣುಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನರಿತುಕೊಳ್ಳಲೂ ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳೇ ಸಹಕಾರಿಗಳು.

ಲೋಹವಿದ್ಯೆ, ಲೋಹಗಾರಿಕೆ, ಶುದ್ಧ ಮತ್ತು ಮಿಶ್ರಲೋಹಗಳ ತಯಾರಿಕೆಯಲ್ಲೂ ವಿವಿಧ ಪರಮಾಣುಗಳು ಏಕಪ್ರಕಾರವಾಗಿ (homogeneous) ಬೆರೆತಿವೆಯೋ ಎಂದು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು ಕೂಡ ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳೇ ಸಹಕಾರಿಗಳಾಗಿವೆ. ಇಂಥ ಮಿಶ್ರಲೋಹಗಳ ಅಲ್ಲಲ್ಲಿನ ಭಾಗಗಳನ್ನು ತೆಗೆದು ಪರೀಕ್ಷಿಸಬೇಕು. ಇವುಗಳ ಬೆರಕೆಯಲ್ಲಿನ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಲೋಹವು ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯವೇ ಆಗಿದ್ದರೆ ಇದನ್ನು ಗುರುತಿಸಬಲ್ಲೆವಷ್ಟೆ. ಆಯ್ದುಕೊಂಡ ವಿವಿಧ ತುಂಡುಗಳಲ್ಲೂ ಇವುಗಳ ಹಂಚಿಕೆಯು ಏಕಪ್ರಕಾರವಾಗಿರುತ್ತದೆಯೆ, ವಿಧವಿಧವಾಗಿದೆಯೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಲಕ್ಷಿಸಲು ಬರುತ್ತದೆ. ಇಂಥ ಏಕಪ್ರಕಾರದ ಹಂಚಿಕೆಯನ್ನೊದಸಿದ ನಂತರವೂ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿ ಸರಿನೋಡಿ, ಮುಂದೆ ಅದೇ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ಲೋಹ ಧಾತುಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು.

ಕೃತಕ ಗೊಬ್ಬರಗಳ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ, ಅಂತೆಯೇ ಹಸುಗಳ ಮೇವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಒದಗಿಸಿಕೊಂಡಾಗಲೂ ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಸಮ

ಸ್ಥಾನೀಯಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಇವುಗಳಲ್ಲಿನ ಏಕಪ್ರಕಾರತೆಯನ್ನೋ ಇಲ್ಲವೆ ಯುಕ್ತ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನೋ ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು ಬರುತ್ತದೆ.

ವಾತಾಯನ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಪ್ರಯೋಗಗಳು

ದೊಡ್ಡ ಗಾತ್ರದ ಥಿಯೇಟರುಗಳಲ್ಲಿ, ಹಾಲುಗಳಲ್ಲಿ ವಾತಾಯನ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಹೇಗಿರತಕ್ಕದು ಎಂಬುದನ್ನು ತೀರ್ಮಾನಿಸುವುದರಲ್ಲೂ ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳಾದ ಆರ್ಗೋನ್ 41 ಮತ್ತು ಕ್ರಿಸ್ಟೋನ್ 85 ಅನಿಲಗಳು ಸಹಕಾರಿಗಳಾಗಿವೆ. ಇವು ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿ ಜಡ ಅನಿಲಗಳು. ಇವನ್ನು ಗಾಳಿಯೊಡನೆ ಬೆರೆಸಿ ಇಂಥ ಅಂಕಿತ ಧಾತುಗಳ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಿ ಗಾಳಿಯು ಎಲ್ಲಿಂದ ಎಲ್ಲಿಗೆ, ಹೇಗೆ, ಎಷ್ಟು ವೇಗ ವಾಗಿ ಹರಿಯುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಇವುಗಳನ್ನು ಹಾಲಿ ನೊಳಗೆ ಕುಳಿತ ಜನರು ನಿಃಶ್ವಸಿಸಿದರೂ ಹಾನಿ ತಟ್ಟಲಾರದು.

ಯಂತ್ರೋಪಕರಣಗಳ ಪರೀಕ್ಷೆ

ಯಂತ್ರಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಬೇರೆಬೇರೆ ಗಾತ್ರದ, ಆಕಾರದ ಉಳಿಗಳನ್ನೋ ಕತ್ತರಿಗಳನ್ನೋ ಇಲ್ಲವೆ ಬೈರಿಗೆ(drill)ಗಳನ್ನೋ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತೇವೆ ಯಷ್ಟೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಬಹಳ ಜಾಗರೂಕತೆಯಿಂದ ಉಪಯೋಗಿಸ ಲಾಗುತ್ತದೆ. ಬಹಳ ಗಟ್ಟಿಯಾದ ಉಕ್ಕು, ಮೆಂಗನೀಸ್, ಕೋಬಾಲ್ಟ್ ಮತ್ತು ಟಂಗ್‌ಸ್ಟನ್, ಟಂಗ್‌ಸ್ಟನ್ ಉಕ್ಕುಗಳಿಂದಲೇ ಇವನ್ನು ತಯಾ ರಿಸುತ್ತಾರೆ. ಉಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ತಕ್ಕಷ್ಟು ಕಾರ್ಬನ್ ಇರಲೇಬೇಕು. ಸಾಮಾನ್ಯ ಕಾರ್ಬನ್‌ನ ಬದಲಾಗಿ ಕಾರ್ಬನ್ 14 ಇದ್ದರೆ, ಇದನ್ನು ಬಹಳ ಕಾಲದ ತನಕವೂ ಹೊರಗಿನಿಂದಲೇ ತಕ್ಕ ಪರೀಕ್ಷಕ—ಗೀಗರ್‌ಮುಲ್ಲರ್ ಮಾಪಕ —ದಿಂದ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿ ಸವೆತವನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಬರುತ್ತದೆ. ಉಪಕರಣವು ಯಾವುದೇ ಇರಲಿ, ·000025 ಗ್ರಾಂ ($\frac{1}{40000}$ ಗ್ರಾಂ)ನಷ್ಟು ಲೋಹದ ಸವೆತವನ್ನು ಇಂಥ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಅಳೆಯಬಹುದೆಂದರೆ ನಿಮಗೆ ಸೋಜಿಗವಾಗಬಹುದು.

ಎಂಜಿನುಗಳಲ್ಲಿ ಭ್ರಮಿಸುವ, ಹೊಡೆಯುವ, ಹೊಡೆತ ತಿನ್ನುವ ಭಾಗಗಳು ಎಷ್ಟು ಸವೆದಿವೆ ? ಎಲ್ಲ ಸವೆದಿವೆಯೆ ಎಂಬ ಪರೀಕ್ಷಾಕ್ರಮದಲ್ಲೂ ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳದೇ ಎತ್ತಿದ ಕೈ. ಎಂಜಿನಿನ ವೇಗ, ಭಾರ, ಅದು ಎತ್ತುವ, ತಳ್ಳುವ ಭಾರ, ಅದು ಒದಗಿಸುವ ಶಕ್ತಿ-ಸಾಮರ್ಥ್ಯ, ಇದರಲ್ಲಿ ಘರ್ಷಣೆಯನ್ನು ಕಡಮೆ ಮಾಡಲು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾದ ಕೀಲೆಣ್ಣೆ ಮೊದಲಾದುವುಗಳ ಸಮಗ್ರ ಪರೀಕ್ಷೆಯಿಂದಲೂ ಇಂಥ ತೀರ್ಮಾನವನ್ನು ಮಾಡಬಲ್ಲೆವು. ಆದರೇನು ? ಈ ಬಗ್ಗೆ ಕಾಲಕಾಲಕ್ಕೆ ಪರೀಕ್ಷೆ ಮಾಡುವುದಲ್ಲದೆ, ಪ್ರತಿ ಬಾರಿಯೂ ಎಂಜಿನನ್ನು ಕೆಲವು ಸಮಯದ ತನಕ — ಪರೀಕ್ಷಿಸುವ ವೇಳೆ — ಉಪಯೋಗಿಸಬಾರದು. ಇದರಿಂದ ನಷ್ಟವಾಗದೆ ? ಆದರೆ ದೀರ್ಘಾಯುಸ್ಸಿನ ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಇವುಗಳ ರಚನೆಯ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಹುದುಗಿಸಿಟ್ಟಾಗಲೂ ಇವುಗಳ ಪರೀಕ್ಷೆಯಿಂದಲೇ ಸವೆತವೆಷ್ಟು ಎಂಬುದನ್ನು ಲಕ್ಷಿಸಬಹುದು.

ಅಂತರ್‌ದಹನ ಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿನ ಪಿಸ್ಟನ್(ಬೆಣೆ, piston) ಗೋಲಗಳ ಮತ್ತು ಬೆಣೆಗಳ ಸವೆತವನ್ನು ಇಂಥ ಕ್ರಮದಿಂದಲೇ ಅಳೆಯಲು ಬರುತ್ತದೆ.

ಅಣುಗಳ ವಿಸರಣ(diffusion)ನ ಪರೀಕ್ಷೆ

ಸೀಸದಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳು ತಮ್ಮಷ್ಟಕ್ಕೆ ವಿಸರಣಹೊಂದುತ್ತಲಿವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಹಿಂದಿನವರು ಊಹೆಯಿಂದಲೇ ತಿಳಿದರೆ ಇದನ್ನು ವಿಕಿರಣಕ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳ ನೆರವಿನಿಂದ ಖಚಿತಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯ ಸೀಸದ ತುಂಡಿನ ಹತ್ತಿರ ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಸೀಸದ ಗಟ್ಟಿಯೊಂದನ್ನಿಟ್ಟು ಈ ಅಣುಗಳು ಹೇಗೆ ವಿಸರಣಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಅಳೆಯಲು ಬರುತ್ತದೆ.

ವಿಷ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವಾಗ ರಕ್ಷಣೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಮುಖವಾಡಗಳು (masks) ರಚಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆಯಷ್ಟೆ. ಇವು ಒಳ

ಹೊಗುವ ಅನಿಲದ ಎಷ್ಟನೆಯ ಅಂಶವನ್ನು ತಡೆಯಬಲ್ಲುವು ? ಇದನ್ನು ರಾಸಾಯನಿಕ ವಿಧಾನಗಳಿಂದಲೇನೋ ಮಾಡಬಹುದು, ಆದರೆ, ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳಾದ ಅಣುಗಳ ವಿಸರಣವನ್ನಳೆದು ಇದನ್ನು ಮತ್ತೂ ನಿಖರವಾಗಿಯೂ, ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ, ಬಹಳ ಶೀಘ್ರವಾಗಿಯೂ, ಅಳೆಯಲು ಬರುತ್ತದೆ.

ರಾಸಾಯನಿಕ ಪರಿಮಾಣ ನಿರ್ಣಯಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ

ರಸಾಯನ ಶಾಸ್ತ್ರದ ಉದ್ದಕ್ಕೂ ನಾವು ಹಲವು ಪರಿಮಾಣ ನಿರ್ಣಾಯಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಇಂಥ ನಿರ್ಣಯದಲ್ಲಿ ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು ತುಂಬಾ ಸಹಕಾರಿಗಳಾಗಿವೆ. ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ತಿಳಿಯದೆ ಇರುವ ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂಯುಕ್ತವೊಂದರ ರಚನೆಯ ವಿವರಗಳನ್ನು ಇಂಥ ಐಸೋಟೋಪುಗಳ ಮೂಲಕ ತಿಳಿಯ ಬಹುದು.

ಕೆಲವು ಸಂಯುಕ್ತಗಳನ್ನು ಬೆರೆಸಿದಾಗ ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ಅಣುಗಳು ಅದಲು ಬದಲಾಗುತ್ತವೆಯೆ ? ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಕೇವಲ ಊಹಾಜನ್ಯ ಉತ್ತರಗಳು ದೊರಕುತ್ತಲಿದ್ದುವು. ಸಲ್ಫ್ಯೂರಿಕ್ ಮತ್ತು ಸಲ್ಫ್ಯೂರಸ್ ಆಸಿಡ್‌ಗಳನ್ನು ಬೆರೆಸಿದಾಗಲೂ ಇವುಗಳಲ್ಲಿನ ಗಂಧಕದ ಅಣುಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಸ್ಥಳಾಂತರ ಪಡೆಯುವುವೆ ? ಒಂದರಲ್ಲಿನ ಗಂಧಕದ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಮತ್ತೊಂದರ ಗಂಧಕವು ಪಡೆಯುವುದೆ ? ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಉತ್ತರವನ್ನು ಹಿಂದೆ ದೊರಕಿಸಿದವರೇ ಇಲ್ಲ. ಸಲ್ಫ್ಯೂರಸ್ ಆಸಿಡ್‌ನಲ್ಲಿನ ಗಂಧಕವು ವಿಕಿರಣಕಾರಕವಾಗಿದ್ದು ಸಲ್ಫ್ಯೂರಿಕ್ ಆಸಿಡ್‌ನ ಗಂಧಕವು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿರಲಿ. ಇವುಗಳನ್ನು ಬೆರೆಸಿದ ನಂತರ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದಾಗ ಸಲ್ಫ್ಯೂರಿಕ್ ಆಸಿಡ್‌ನಲ್ಲಿನ ಗಂಧಕವು ಅಂಕಿತ ಧಾತುವಿನಂತೆ ಕಂಡು ಬಂದರೆ ಇಂಥ ವಿಸರಣವು ಸಾಧ್ಯವೆಂದಾಗುವುದಿಲ್ಲವೆ ? ಇಂಥ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿದ ನಂತರವೇ, ಎಂದರೆ ವಿಕಿರಣಕ ಸಮ

ಸ್ಥಾನೀಯಗಳ ನೆರವಿನಿಂದಲೇ ಇಂಥ ಅಣುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ವಿಸರಣವು ಜರುಗುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿಯಲಾಗಿದೆ.

ವಸ್ತುಗಳ ದ್ರವ್ಯತೆ, ಅಂತರ್ರಚನೆ ಮತ್ತು ಅಣು, ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಅಂತರ ಇವೆಲ್ಲವುಗಳನ್ನು ತಿಳಿಯುವುದರಲ್ಲೂ ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು ಸಹಕಾರಿಗಳಾಗಿವೆ.

ಇತರ ವಿವಿಧ ವಿಚಾರಗಳಲ್ಲಿ

ವಸ್ತುವೊಂದನ್ನು ಒಡೆಯದೆಯೋ, ಕೇವಲ ಅದನ್ನು ರಚಿಸಿ ಕೊಳ್ಳುವಷ್ಟರಲ್ಲೇ ಅದರ ರಚನೆಯ ವಿವರವೊದಗುವುದು ಸಮ ಸ್ಥಾನೀಯಗಳ ಪರೀಕ್ಷೆ ಮತ್ತು ಸಮ್ಯಕ್ ಉಪಯೋಗದಿಂದಲೇ ! ದ್ರಾವಣಗಳಲ್ಲಿ ಅಯೋಣುಗಳು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಹೊಂದುತ್ತಾ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹ ದನುಸಾರವಾಗಿಯೋ, ಅಭಿಮುಖವಾಗಿಯೋ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಇಂಥ ಅಂಕನ ಧಾತುಗಳು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ತಿಳಿಸಿವೆ.

ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯೊಂದು ಎಷ್ಟು ವೇಗವಾಗಿ ಜರುಗುತ್ತದೆ ? ಇದನ್ನು ತಿಳಿಯಲೂ ಅತ್ಯಂತ ಸಹಕಾರಿಗಳೆಂದರೆ ಇಂಥ ರೇಡಿಯೋ ಐಸೋಟೋಪುಗಳು.

ಪ್ರತಿ ಘನವಸ್ತುವಿನಲ್ಲೂ ಸಮತಟ್ಟಾದ ಹೊರಮೈಯಿದೆಯೆ ? ಎಂಬ ಪರೀಕ್ಷೆಯಲ್ಲೂ ಇವೇ ಅತ್ಯಂತ ಸುಲಭದ ಮತ್ತು ಸಹಾಯಕವಾದ ಸಾಧನಗಳು.

ವಸ್ತುವೊಂದನ್ನು ಬಿಸಿಮಾಡಿದಾಗ ಅದು ಕರಗುತ್ತದೆ. ಕರಗುತ್ತಲೇ, ವಸ್ತುವಿನ ವಿವಿಧ ಅಣುಗಳು ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ದೂರ ಸರಿಯುತ್ತವೆಯೆ ? ಎಷ್ಟು ದೂರ ಸರಿಯುತ್ತವೆ ? ಇದರ ತೀರ್ಮಾನದಲ್ಲೂ ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳೇ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗುತ್ತಲಿವೆ.

ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಉತ್ಕರ್ಷಕಗಳು (accilerators) ಹೇಗೆ ನೇರವನ್ನೀಯುತ್ತಲಿವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಉತ್ಕರ್ಷಕಗಳಲ್ಲಿ ತಕ್ಕ ಸಮುಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ನಿಶ್ಚಯಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಪರಮಾಣುಗಳ ಆವರ್ತ ವರ್ಗೀಕರಣ ಯಾದಿಯಲ್ಲಿ 43 ಮತ್ತು 61ನೆಯ ಅಂಕಗಳ ಧಾತುಗಳು ತಿಳಿದಿದ್ದಿಲ್ಲ. ಅಂಕ 43ರ ಧಾತುವು ತಾನು ಸ್ವಯಂ ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಧಾತುವೆಂದೂ ಇದರ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು 4 ಮಿಲಿಯ ವರ್ಷಗಳಿರುವ ಕಾರಣ ಇದು ಈಗ ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿರ ಲಾರದೆಂದೂ ಭಾವಿಸಲಾಗಿತ್ತು. ಈಗಲೋ ಇದೇ ಧಾತುವನ್ನು ಪರಮಾಣು ಪ್ರತಿವರ್ತಕಗಳಲ್ಲಿ ಕೃತಕವಾಗಿ ರಚಿಸಲಾಗಿದ್ದು ಇದನ್ನು 43 ಟೆಕ್ನೀಷಿಯಂ 99 ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗುತ್ತಿದೆ. ಹಾಗೆಯೇ ಅಂಕ 61ರ ಇಲ್ಲೇನಿಯಂ ಧಾತುವನ್ನೂ ರಚಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ. ಇವನ್ನು ಇಂದು ಕೃತಕವಾಗಿ ರಚಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲೆವೇ ವಿನಾ, ಇವನ್ನೆಂದೂ ನೈಸರ್ಗಿಕ ವಾಗಿ ಪಡೆಯಲಾರೆವು ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿದೆ. ಅಂತೆಯೇ ಅಂಕ 85, ಅಂಕ 87ರ ಧಾತುಗಳನ್ನು ರಚಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ.

ನಮಗೆ ನಿಸರ್ಗದಲ್ಲಿ ಸಿಗುತ್ತಲಿರುವ ಧಾತುಗಳಲ್ಲೆಲ್ಲ ಯುರೇನಿಯಂ ಭಾರತಮ ಧಾತು. ಇದರ ಅಂಕವೋ 92. ಇದರ ನಂತರದ ಅಂಕ 93 ರಿಂದ ಹಿಡಿದು ಅಂಕ 102ರ ನೊಬೇಲಿಯಂ, ಅಂಕ 103ರ ಲಾರೆನ್ಸಿಯಂ ಗಳನ್ನೂ ಕೃತಕವಾಗಿ ಪಡೆಯಲಾಗಿದೆ. ಇಂಥ ಕಾರ್ಯದಲ್ಲೂ ರೇಡಿಯೋ ಸಮುಸ್ಥಾನೀಯಗಳೇ ನೆರವನ್ನಿತ್ತಿವೆ.

ಅನೇಕ ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಸಮುಸ್ಥಾನೀಯಗಳು ಬೀಟಾಕಣಗಳನ್ನೂ, ಗಾಮಾಕಿರಣಗಳನ್ನೂ ಹೇರಳವಾಗಿ ಹೊರಡಿಸುತ್ತವೆ ಎಂಬ ಕಾರಣ ದಿಂದಲೇ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗುತ್ತಲಿವೆ. ಬೀಟಾಕಣಗಳಿಗಾಗಿಯೆ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಸನ್ನಿವೇಶವು ಇಂಥದು. ಸಮುಸ್ಥಾನೀಯದಿಂದ ಹೊರಕ್ಕೆ ಧಾವಿಸುವ ಬೀಟಾಕಣಗಳನ್ನು ಬಹಳ ತೆಳ್ಳನಾದ ಲೋಹದ, ಇಲ್ಲವೆ ಪ್ಲಾಸ್ಟಿಕ್‌ನ ಹಾಳೆಯೊಂದು ಹೀರುತ್ತದೆ ಎನ್ನಿರಿ. ಇಂಥ

ಹೀರುವಿಕೆಯೆಷ್ಟು ಎಂಬುದನ್ನು ತಕ್ಕ ಮಾಪಕ ಯಂತ್ರದಿಂದ ಅಳೆಯ ಬಲ್ಲಿರಿ. ಇನ್ನೊಂದು ಇಂಥದೇ ಹಾಳೆಯು ಇಷ್ಟೇ ದಪ್ಪನಾಗಿದೆಯೆ ? ಹೆಚ್ಚೆ, ಕಡಮೆಯೆ ಎಂಬುದರ ತೀರ್ಮಾನವನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಮಾಡ ಬಹುದು. ಇದರ (ಎರಡನೆಯದರ) ಮೂಲಕ ಪುನಃ ಹಿಂದಿನಷ್ಟೇ ಸಾಂದ್ರವಾದ ಬೀಟಾಕಣಗಳನ್ನು ಹಾಯಿಸಿ ಹೀರುವಿಕೆಯ ಪ್ರಮಾಣ ವನ್ನಳೆದಾಗ ಎರಡನೆಯದರ ದಪ್ಪವು ಮೊದಲನೆಯದರ ದಪ್ಪಕ್ಕೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ತಿಳಿಯುವುದು. ಒಂದೇ ಮಾರ್ಕಿನ ಸಿಗರೇಟುಗಳೆರಡು ಏಕಪ್ರಕಾರವಾಗಿವೆಯೆ ? ಹೊರಹೊದಿಕೆ, ತಂಬಾಕಿನ ಸಾಂದ್ರತೆ ಇವೆಲ್ಲವು ಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡರಲ್ಲಿ ಏಕಪ್ರಕಾರತೆಯಿದೆಯೆ ಎಂಬುದನ್ನು ತೀರ್ಮಾನಿಸಲು ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಪ್ರಯೋಗವೇ ಅತ್ಯುತ್ತಮವಾದುದು.

ಒಂದು ಲೋಹದ ಹಾಳೆಯ ಮೇಲೆ ಇನ್ನೊಂದು ಅದೇ ಲೋಹದ ಹಾಳೆಯನ್ನು ಮಡಾಯಿಸಿದ್ದರೆ ಇದು ಎಲ್ಲೆಡೆಯಲ್ಲೂ ಏಕಪ್ರಕಾರ ವಾಗಿದೆಯೆ ? ಅಲ್ಲಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚುಕಡಮೆಯಾಗಿದೆಯೆ ಎಂಬುದರ ನಿಖರ ತೀರ್ಮಾನದಲ್ಲೂ ವಿಕಿರಣಕ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳಿಂದ ಹೊರಹೊಮ್ಮುವ ಬೀಟಾಕಣಗಳೇ ಅತ್ಯುತ್ತಮ ಸಾಧನಗಳು.

ಹೀಗೆ ಉದ್ಯಮಗಳ ವಿವಿಧ ರಂಗಗಳಲ್ಲಿ ಶುದ್ಧ ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಧಾತುಗಳ ಬದಲು ಅಸಂಖ್ಯ, ಅನೇಕ ಉಪಯೋಗಗಳಿಗೆ ವಿಕಿರಣಕ ಸಮ ಸ್ಥಾನೀಯಗಳು ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿದ್ದು, ಮುಂದಿನ ದಶಕಗಳಲ್ಲಿ ಇವುಗಳ ಇನ್ನೂ ಅನೇಕ ಉಪಯೋಗಗಳು ಬೆಳಕಿಗೆ ಬರಲಿವೆ ಎನ್ನಬಹುದು.

ಅಧ್ಯಾಯ ೯

ಭೂಮಿಯ ವಯಸ್ಸು (age)—
ವಿವಿಧ ವಸ್ತುಗಳ ವಯೋನಿರ್ಣಯ

ನಮ್ಮ ಭೂಮಿಯು ಎಂದು ರಚನೆಯಾಗಿದ್ದಿರಬಹುದು? ಎಷ್ಟು ಕಾಲದ ತನಕ ಇದು ಹೀಗಿದೆ ಎಂಬುದರ ನಿರ್ಣಯವು ಅನಾದಿ ಕಾಲ ದಿಂದಲೂ ಮನುಷ್ಯನನ್ನು ಕೆಣಕುತ್ತಲಿದ್ದ ಪ್ರಶ್ನೆ. ಭೂಮಿಯ ಹೊರ ಹೊದಿಕೆಯು (ಪೃಷ್ಠ, crust) ರಚನೆಯಾದಾಗ ಅದರಲ್ಲಿನ ಧಾತುಗಳು ಸಂಯುಕ್ತಗಳಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುತ್ತ ವಿವಿಧ ರೂಪಗಳಲ್ಲಿ ಅಡಗಿ ಹೋಗಿದ್ದು ಇದೀಗ ಇಂಥ ಹೊರಹೊದಿಕೆಯಿಂದ ಹೆಚ್ಚಿನ ಎಲ್ಲ ಧಾತು ಗಳನ್ನೂ ಪಡೆಯುತ್ತಲಿದ್ದೇವೆ. ಇಂಥ ಧಾತುಗಳಲ್ಲಿ ಇದೀಗಲೂ ಸ್ವಯಂ ವಿಕಿರಣಕಾರಕಗಳಾದ ಯುರೇನಿಯಂ, ರೇಡಿಯಂ ಮತ್ತು ಥೋರಿಯಂನ ಧಾತುಗಳು — ಇವುಗಳ ಸಂಯುಕ್ತಗಳು — ಇವೆ. ಭೂಮಿ ಸೃಷ್ಟಿ ಯಾದಂದಿನಿಂದಲೂ ಇವು ತಮ್ಮ ತಮ್ಮ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿ ಸುತ್ತಲೇ ಇವೆ; ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತ ರೂಪಾಂತರ ಹೊಂದುತ್ತಲಿವೆ. ಹೀಗೆ ಒಂದು ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಲೋಹದ ಅದುರಿನಲ್ಲಿ ಇದರ ಅಂಶವು ಎಷ್ಟಿರು ತ್ತದೆ, ಇನ್ನೆಷ್ಟರ ಅಂಶ ತನ್ನ ಅಂತಿಮಲಬ್ಧವಾದ ವಿಕಿರಣಕಾರಕವಲ್ಲದ ಸೀಸದ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯವಾಗಿ ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ ಎಂಬುದರ ಸಮ್ಯಕ್ ನಿರ್ಣಯದಿಂದ ನಾವು ಈ ಅದುರಿನ ಆಯುಸ್ಸನ್ನು ನಿರ್ಣಯಿಸಲು ಬರುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಭೂಮಿಯ ಆಯುಸ್ಸಿನ ನಿರ್ಣಯದಲ್ಲಿನ ತತ್ವ.

ಯುರೇನಿಯಂ 230ರ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು 4,500 ಮಿಲಿಯ ವರ್ಷ ಗಳಷ್ಟು. ಹಾಗೆಯೇ ರೇಡಿಯಂನ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು 1,600 ವರ್ಷಗಳಷ್ಟು ಮತ್ತು ಥೋರಿಯಂನ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು 14,000 ಮಿಲಿಯ ವರ್ಷಗಳು.

ಯುರೇನಿಯಂ 238 ತಾನು ಮೊತ್ತಮೊದಲು ಒಂದು ಆಲ್ಫಾಕಣ, ಅನಂತರ 2 ಬೀಟಾಕಣ, ಪುನಃ ಒಂದು ಆಲ್ಫಾಕಣ, ಪುನಃ ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ 5 ಆಲ್ಫಾಕಣ, 2 ಬೀಟಾಕಣ ಮತ್ತು 1 ಆಲ್ಫಾಕಣವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡು ಸ್ಥಿರಧಾತುವಾದ ಸೀಸದ 206 ತೂಕದ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆಯೇ ತಮತಮಗೆ ವಿಶಿಷ್ಟವಾದ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳಿಂದಲೇ ಯುರೇನಿಯಂ 235 ತಾನು ಸೀಸ 207 ಸಮಸ್ಥಾನೀಯವಾಗಿಯೂ, ಥೋರಿಯಂ 232 ಸೀಸ 208ರ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯವಾಗಿಯೂ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುತ್ತವೆ.

ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಯುರೇನಿಯಂ 238 ರ ವಂಶವೃಕ್ಷಾವಳಿಯನ್ನು ಕೆಳಗೆ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ.

ಸಮಸ್ಥಾನೀಯ	ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು
ಯುರೇನಿಯಂ 238	$4 \cdot 5 \times 10^9$ ವರ್ಷ
↓	
ಥೋರಿಯಂ 234	24·1 ದಿನ
ಯುರೇನಿಯಂ 234	2,50,000 ವರ್ಷ
ಥೋರಿಯಂ 230	80,000 ವರ್ಷ
ರೇಡಿಯಂ	1620 ವರ್ಷ
ರೇಡಾನ್	3·8 ದಿನ
ಸೀಸ 214	26·8 ಮಿನಿಟು
ಬಿಸ್ಮತ್ 214	19·7 ಮಿನಿಟು
ಸೀಸ 210	20 ವರ್ಷ
ಬಿಸ್ಮತ್ 210	5 ದಿನ
ಸೀಸ 206	ಸ್ಥಿರ ಧಾತು

ಈ ಮೇಲಿನ ಪಟ್ಟಿಯಿಂದ ಹಲವು ವಿಚಾರಗಳು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುತ್ತವೆ. ಯುರೇನಿಯಂನ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು ಬಹಳ ದೀರ್ಘವಾದುದು. ಇದಕ್ಕೆ

ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಇತರ ಧಾತುಗಳ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು ಅಲ್ಪವೇ ಆಗಿದೆ. ಇನ್ನು ಸುಮಾರು 1 ಕಿಲೋಗ್ರಾಂ ಯುರೇನಿಯಂ ಶುದ್ಧ ರೂಪದಲ್ಲಿರಲಿ, ಸಂಯುಕ್ತದಲ್ಲಿ ಸೇರಿರಲಿ ಇದು ವಿಕಿರಣಗೊಳ್ಳುತ್ತ ಮುಂದೆ ಇದರಿಂದ 1 ಗ್ರಾಂ ಸೀಸ 206 ದೊರಕಬೇಕಾದರೆ ಸುಮಾರು 8 ಮಿಲಿಯ ವರ್ಷಗಳಷ್ಟು ಸಮಯವು ಗತಿಸಬೇಕು. ಹಾಗೆಯೇ 250 ಗ್ರಾಂ ಸೀಸ 206 ದೊರಕಲು 2000 ಮಿಲಿಯ ವರ್ಷಗಳು ಗತಿಸಬೇಕು ಮತ್ತು 1 ಲಕ್ಷ ಮಿಲಿಯ ವರ್ಷಗಳು ಗತಿಸಿದಾಗ ಎಲ್ಲವೂ ಸೀಸವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆಗೊಳ್ಳಬಹುದು. ಕೊನೆಯ ಲಬ್ಧಗಳು ಇದೇ ಸೀಸ 206 ಮತ್ತು ಹೀಲಿಯಂ4 ಈ ಧಾತುಗಳು.

ಭೂಮಿಯ ಹೊರಕವಚದಲ್ಲಿನ ಯುರೇನಿಯಂ ಗಡಿಯಾರ

ಭೂಮಿಯ ಕವಚದಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ರೂಪದ ಶಿಲೆಗಳು (ಬಂಡೆಗಳು, rocks) ಕಂಡು ಬರುತ್ತಲಿವೆಯಷ್ಟೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ಶುದ್ಧ ರೂಪದ ಯುರೇನಿಯಂ 238ನ್ನೋ ಇಲ್ಲವೆ ಇದರ ಸಂಯುಕ್ತಗಳನ್ನೋ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿ ಇಂಥ ಶಿಲೆಯಲ್ಲಿ ಸೀಸ 06 ಇಷ್ಟೇ ಇದೆ ಎಂಬುದನ್ನು, ನಿಖರವಾಗಿ ತಕ್ಕ ಮಾಸ್ ಸ್ಪೆಕ್ಟ್ರೊಮಿಟರ್‌ನಲ್ಲಿ ಅಳೆದು ಈ ಶಿಲೆಯ ವಯಸ್ಸು ಇಂತಿಷ್ಟೇ ಎಂದು ಲೆಕ್ಕಹಾಕುತ್ತಾರೆ. ಈ ನಿರ್ಣಯವೋ ಅತ್ಯಂತ ನಿಖರವಾಗಿದೆ ಎಂದು ಬೇರೆ ಹೇಳುವ ಅವಶ್ಯವಿಲ್ಲ. ಇಷ್ಟರ ತನಕದ ನಿರ್ಣಯಗಳಲ್ಲಿ ಸಿದ್ಧವಾದ ವಿಚಾರವಿಷ್ಟೆ : ಸುಮಾರು 50 ಮಿಲಿಯ ವರ್ಷಗಳಿಂದ ಹಿಡಿದು 4,000 ಮಿಲಿಯ ವರ್ಷಗಳ ತನಕ ಹಿಂದೆ ನಾವು ಹೋದಂತೆ, ಭೂಮಿಯ ಹೊರ ತೊಗಟೆಯಲ್ಲಿನ ಪದಾರ್ಥವೆಲ್ಲವೂ ತಣಿಯುತ್ತಲೂ ದಟ್ಟಣಿಸಿಯೂ ಘನೀಕೃತವಾಗಿದೆ. ಕರೇಲಿಯಾದ ಬಂಡೆಗಳು4000 ಮಿಲಿಯ ವರ್ಷಗಳಷ್ಟು ಪ್ರಾಚೀನವಾಗಿವೆ; ಆದರೆ ಉರಾಲ್ (Ural) ಪರ್ವತಗಳೋ ಕೇವಲ 200–300 ಮಿಲಿಯ ವರ್ಷಗಳಷ್ಟು ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಸಮೀಚೀನವಾದುವುಗಳು. ಇನ್ನು ಯುರೋಪಿನ ಆಲ್ಪ್ಸ್ ಪರ್ವತದಿಂದ ಹಿಡಿದು ಹಿಮಾಲಯದ ತನಕದ

ಪರ್ವತಶ್ರೇಣಿಗಳೆಲ್ಲವೂ ಮತ್ತೂ ಪ್ರಾಚೀನವಾದುವು. ಎಂದರೆ 10 ಮಿಲಿಯ ವರ್ಷ ವಯಸ್ಸಿನವು.

ಸೀಸದ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳಲ್ಲಿ ತೂಕ 210ರ ಸೀಸವು ವಿಕಿರಣ ಕಾರಕ ಧಾತುವಾಗಿದೆ. ಇದರ ಹೊರತು 207, 208 ತೂಕಗಳ ಸಮ ಸ್ಥಾನೀಯಗಳು ವಿಕಿರಣಕಾರಕಗಳು. ಆದರೆ 206 ತೂಕದ ಸಮ ಸ್ಥಾನೀಯವೋ ವಿಕಿರಣಕಾರಕವಲ್ಲ. ಒಂದು ಬಂಡೆಯಲ್ಲಿ ಸೀಸ 206ರ ಪರಿಮಾಣವು ಎಷ್ಟಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ನಿರ್ಣಯಿಸಿ, ಅದರಲ್ಲಿನ ಪರಮಾಣುಗಳು–ಮುಖ್ಯ ಇದನ್ನೊದಗಿಸುವ ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಧರ್ಮವುಳ್ಳ ಪರಮಾಣುಗಳು –-ಸೃಷ್ಟಿಯಾದ ಕಾಲವನ್ನು ಲೆಕ್ಕಿಸಬಹುದು :

$$\frac{\text{ಸೀಸ 206ರ ತೂಕ}}{\text{ಯುರೇನಿಯಂ 238ರ ತೂಕ}} \times 7000 \text{ ಮಿಲಿಯ ವರ್ಷ}$$

= ಆ ಬಂಡೆಯ ವಯಸ್ಸು. ಬಂಡೆಗಳ ವಯಸ್ಸನ್ನು ನಿರ್ಣಯಿಸುವ ಈ ಪದ್ಧತಿಯನ್ನು ಸೀಸ ಗಡಿಯಾರ (lead clock)ದ ಪದ್ಧತಿ ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ.

ಹೀಲಿಯಂ ಗಡಿಯಾರ

ಸೀಸ ಗಡಿಯಾರ ಪದ್ಧತಿಯಂತೆಯೇ ಬಂಡೆಗಳ ಪ್ರಾಯ ನಿರ್ಣಯದ ಇನ್ನೊಂದು ಪದ್ಧತಿಯೂ ಬಳಕೆಗೆ ಬಂದಿರುತ್ತದೆ. ಯುರೇನಿಯಂ 238 ಒಂದು ಬಂಡೆಯಲ್ಲಿದ್ದು ಸೀಸ 206 ಆಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆಗೊಳ್ಳು ವಷ್ಟರಲ್ಲಿ ಇದರಿಂದ 8 ಆಲ್ಫಾಕಣಗಳು–ಹೀಲಿಯಂ ಬೀಜಗಳು–ಹೊರ ದಬ್ಬಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಇವನ್ನು ದಟ್ಟವಾದ ಬಂಡೆಯು ತಾನು ಹೀರಿ ಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಹೀರಲ್ಪಟ್ಟ ಹೀಲಿಯಂನ ಗಾತ್ರವನ್ನು ಅಳೆದು ಈ ಕೆಳಗಿನ ಸೂತ್ರದಿಂದ ಆ ಬಂಡೆಯ ಪ್ರಾಯವನ್ನು ನಿರ್ಣಯಿಸಲೂ ಬಹುದು.

ಬಂಡೆಯ ಇಲ್ಲವೆ ಖನಿಜದ ಪ್ರಾಯ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ

$$= \frac{\text{1 ಕಿಲೋ ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿನ ಹೀಲಿಯಂನ ಘನಮಾನ}}{\text{1 ಕಿಲೋ ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿನ ಯುರೇನಿಯಂನ ಗ್ರಾಂ ತೂಕ}}$$

× 8·8 ಮಿಲಿಯ.

1 ಕಿಲೋ ಯುರೇನಿಯಂನಿಂದ 1 ವರ್ಷದ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಕೇವಲ 0.01 ಘನಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ಹೀಲಿಯಂನ್ನು ಹೊರಕ್ಕೆ ತಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಹೀಗಿದ್ದ ಬಳಿಕ ಇಂಥ ವಿಧಾನದ ಎಣಿಕೆಗಳು ಎಷ್ಟು ನಿಖರವಾಗಿವೆ ಎಂದು ಬೇರೆ ಹೇಳಬೇಕಿಲ್ಲ. ಇಂಥ ವಿಧಾನವನ್ನು ಹೀಲಿಯಂ ಗಡಿಯಾರ ಪದ್ಧತಿ ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಹೀಲಿಯಂ ಗಡಿಯಾರ ವಿಧಾನದಿಂದ ನಿರ್ಣಯಿಸಿದ ಭೂಮಿಯ ವಯಸ್ಸೂ ಹಿಂದಿನ ವಯಸ್ಸಿನ ಬೆಲೆಗಳನ್ನೇ ಒದಗಿಸಿದೆ.

ಇನ್ನು ರುಬೀಡಿಯಂ 87, ಸ್ಟ್ರಾಂಷಿಯಂ 87 ಮೊದಲಾದುವುಗಳ ಗಡಿಯಾರಗಳೂ ಇವೆ. ಇವುಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದಲೂ ಭೂಮಿಯ ವಯಸ್ಸನ್ನು ನಿರ್ಣಯಿಸಲಾಗಿದೆ. ವಿವಿಧ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ನಿರ್ಣಯಿಸಿ ಕೊಂಡ ಭೂಮಿಯ ವಯಸ್ಸಿನ ಬೆಲೆಗಳು (values) ಹೀಗಿವೆ.

ವಿಧಾನ	000,000,000 ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ
ಸೀಸದ ಗಡಿಯಾರ.	2·6
ಹೀಲಿಯಂ ”	2·0
ರುಬೀಡಿಯಂ ”	2·5
ಸೀಸದ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳ ಸಾಪೇಕ್ಷ ವೈಪುಲ್ಯ	3·4

ಇಂಗಾಲ 14ರ ಉಪಯೋಗ

ಭೂಮಿಯ ವಯಸ್ಸನ್ನು ನಿರ್ಣಯಿಸುವ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿದೆವಷ್ಟೆ. ಕಾಲ ಇಲ್ಲವೆ ವಸ್ತುಗಳ ವಯಸ್ಸಿನ ನಿರ್ಣಯದಲ್ಲಿ ಸಹಕಾರಿಯಾಗಬಲ್ಲ ಇನ್ನೊಂದು ಸಮಸ್ಥಾನೀಯವೂ ಇದೆ. ಇದೇ

ಕಾರ್ಬನ್14. ಈ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯವು ರಚನೆಗೊಳ್ಳುವ ವಿಚಾರವೂ ಸ್ವಾರಸ್ಯವಾಗಿದೆ.

ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲೆಲ್ಲಿಯೂ ಗೋಚರಿಸುವ ವಿಶ್ವಕಿರಣಗಳು (cosmic rays) ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿ ಸಾರಜನಕ 14ನ್ನು ಇಂಗಾಲ 14 (ಕಾರ್ಬನ್ 14)ವನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದಿಸುತ್ತವೆ. ಎಂದರೆ,

$_{0}$ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್^{1} + $_{7}$ಸಾರಜನಕ^{14} → $_{6}$ಇಂಗಾಲ^{14} + $_{1}$ಪ್ರೊಟಾನ್^{3}

ಈ $_{6}$ಇಂಗಾಲ ^{14} ತಾನು ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಧಾತು — $_{6}$ಇಂಗಾಲ^{12}ರ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯ. ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಇದರ ಪರಿಮಾಣವಾದರೋ ಯಾವಾಗಲೂ ಸ್ಥಿರವಾಗಿರುತ್ತದೆ, ಎಂದರೆ ಕೆಲವು ಕ್ಷಯವಾಗುತ್ತಲಿರುವಂತೆಯೇ ಹೊಸ ಇಂಗಾಲ^{14} ಸೃಷ್ಟಿಯಾಗುತ್ತಲೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಇಂಥ ಇಂಗಾಲ^{14} ಆಮ್ಲಜನಕದೊಡನೆ ಇಂಗಾಲಾಮ್ಲಾನಿಲ (carbon dioxide) ಆಗುವುದು ಸಾಮಾನ್ಯ. ಆಮ್ಲಜನಕದಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯ ಇಂಗಾಲವಷ್ಟೇ ಇರುವಂಥದು, ಇದರಲ್ಲಿ ಇಂಗಾಲ^{14} ಇರುತ್ತದೆ. ಇಂಥ ಇಂಗಾಲಾಮ್ಲವನ್ನು ಸಸ್ಯವರ್ಗವು ಹೀರುತ್ತಾ ಇದರ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ, ಮುಂದೆ ಸಸ್ಯವರ್ಗವು ತಯಾರಿಸುವ ಶರ್ಕರ, ಪಿಷ್ಟಗಳಲ್ಲಿ ಇಂಗಾಲ^{14} ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಸಸ್ಯಗಳನ್ನು ಪ್ರಾಣಿವರ್ಗವು, ಮನುಷ್ಯ ಕೂಡ ಭುಂಜಿಸುತ್ತ ಪ್ರಾಣಿಗಳ ದೇಹದಲ್ಲೂ ಇಂಗಾಲ^{14} ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ.

ಸಸಿಯಾಗಲೀ, ಪ್ರಾಣಿಯೇ ಆಗಲೀ ಜೀವಂತವಿರುವ ವೇಳೆ ಅದರಲ್ಲಿನ ಇಂಗಾಲ^{14}ರ ಪರಿಮಾಣವು ಸದಾ ಸ್ಥಿರವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದು ಕ್ಷಯಿಸುವುದೇ ಇಲ್ಲ. ಧಾತುವೊಂದು ಕ್ಷಯಿಸಿದರೂ ಇದರ ಒಟ್ಟು ಪರಿಮಾಣವು ಕುಂದುವುದೇ ಇಲ್ಲ. ಇಂಥ ಕೊರತೆಗಳು ಕಾರಣಾಂತರಗಳಿಂದ ಕಂಡುಬಂದರೂ ಪ್ರಕೃತಿಯು ಈ ಕೊರತೆಯನ್ನು ತುಂಬಿಬಿಡುವುದಿದೆ. ಅಂತೂ ಸಸಿಗಳಲ್ಲಿ ಸೆಲ್ಯುಲೋಸ್‌ನ ಪ್ರತಿ ಗ್ರಾಂನಲ್ಲೂ ಸುಮಾರು 50 ಸಹಸ್ರ ಮಿಲಿಯ ಇಂಗಾಲ^{14}ರ ಪರಮಾಣುಗಳು ಕಂಡುಬರುತ್ತವೆ. ಪ್ರಾಣಿಗಳಿಗೂ ಇಂಥದೇ ಇಂಗಾಲ^{14}ರ ನಿತ್ಯತ್ವದ ಮಾತು ಸಲ್ಲುತ್ತದೆ.

ಸಸಿಯೋ, ಪ್ರಾಣಿಯೋ ಸತ್ತನಂತರ ಮತ್ತೆ ಇದರೊಳಗೆ ಪ್ರಕೃತಿಯು ಇಂಗಾಲ14ನ್ನು ತುಂಬಲಾರದು. ಇದರ ಅಂಶವು ಕ್ರಮಶಃ ಕಡಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಅರ್ಥಾತ್ ಈ ಇಂಗಾಲ14ರ ಗಡಿಯಾರವು ಆ ಸಸಿಯ ಮತ್ತು ಪ್ರಾಣಿಯ ದೇಹದಲ್ಲಿ ಕೆಲಸಮಾಡಲು ಆರಂಭಿಸುತ್ತದೆ. 5,600 ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಇಂಗಾಲ14ರ ಪರಮಾಣುಗಳು ಕ್ಷಯಿಸಿ, ಅರ್ಧ ದಷ್ಟೇ ಉಳಿಯುವುವು. ಮುಂದೆ 11,200 ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಲಂಶ ಇಂಗಾಲ 14ರ ಪರಮಾಣುಗಳು ಉಳಿಯುವುವು.

ಈಗತಾನೇ ಕಡಿಯಲಾದ ಸಸಿಯೊಂದು ಈಗ ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ 12 ಬಾರಿ ಕಿಟಕಿಟ ಸದ್ದನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆನ್ನಿರಿ. ಇದನ್ನು ಹಾಗೆಯೇ ಇಟ್ಟಿವೆಂದಾದರೆ, 5,600 ವರ್ಷಗಳನಂತರ ಇದು ಸೆಕೆಂಡು 1ರ 6 ಬಾರಿ ಇಂಥ ಸದ್ದನ್ನುಂಟುಮಾಡುವಂಥದು, 11,200 ವರ್ಷಗಳ ನಂತರ 3 ಬಾರಿ ಇಂಥ ಸದ್ದನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಈ ಸಸಿಯ ಪ್ರಾಯ ನಿರ್ಣಯವನ್ನು 1,000 ವರ್ಷಗಳಿಂದ ಹಿಡಿದು, 60,000 ವರ್ಷಗಳ ತನಕ ಅತ್ಯಂತ ನಿಖರವಾಗಿ ನಿರ್ಣಯಿಸಬಹುದು.

ಇದಿಷ್ಟರಿಂದಲೇ ಪ್ರಾಕ್ ಸಂಶೋಧನಕಾರರಿಗೆ ಇದೊಂದು ಅತಿ ನೂತನ ಹಾಗೂ ನಿಖರಮಾರ್ಗವೆನಿಸುವುದಿಲ್ಲವೆ ? ಐಗುಪ್ತ ದೇಶದಲ್ಲಿನ ಕಳೇವರಗಳನ್ನು ಅಗೆದು ತೆಗೆದಾಗ ಆ ಪೆಟ್ಟಿಗೆಗಳಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಬನ್14ರ ವೈಪುಲ್ಯವು ಈ ಮರಗಳು ಸುಮಾರು 4,500 ವರ್ಷಗಳಷ್ಟು ಹಿಂದಿನವು ಎಂಬುದನ್ನು ಸೂಚಿಸಿದುವು. ಇಂಥ ಎಣಿಕೆಯು ತಾನು ಅತ್ಯಂತ ನಿಖರವಾಗಿದ್ದು, ಇದರಲ್ಲಿನ ತಪ್ಪು ಹೆಚ್ಚೆಂದರೆ +50ರಿಂದ —50 ವರ್ಷ ಗಳ ತನಕ ಇರಬಹುದು.

ಪ್ರಾಚೀನ ಮನುಷ್ಯರ ವಸತಿಗಳನ್ನೋ, ಪಟ್ಟಣಗಳನ್ನೋ ಅಗೆದು ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದಾಗಲೂ, ಇಲ್ಲಿ ಕಂಡು ಬರುವ ಇಂಗಾಲಯುಕ್ತ ಸಂಯುಕ್ತ ಗಳಲ್ಲಿ ಇಂಗಾಲ 14ರ ವೈಪುಲ್ಯವೆಷ್ಟು ಎಂಬುದರ ಸಮ್ಯಕ್ ನಿರ್ಣಯ ದಿಂದ ಇವೆಷ್ಟು ಹಿಂದಿನವು, ಈ ಸಂಸ್ಕೃತಿಯು ಎಷ್ಟು ಹಿಂದಿನದು ಎಂದು ಎಣಿಕೆ ಹಾಕಲು ಬರುತ್ತಲಿದೆ.

ಐಸಿನಲ್ಲಿ ಹುಗಿದು ಇದ್ದ ಬೃಹತ್ ದೇಹವೊಂದನ್ನು ಇತ್ತೀಚಿಗೆ ಅಗೆಯಲಾಯಿತು. ಇಂಗಾಲ 14 ರ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಈ ದೇಹವು ಸುಮಾರು 12,000 ವರ್ಷ ಹಿಂದಿನದು ಎಂದು ತಿಳಿದಿರುತ್ತದೆ.

ಫ್ರಾನ್ಸಿನಲ್ಲಿನ ಶಿಲಾಗವಿಯೊಂದರಲ್ಲಿ ಸುಡದೆ ಇದ್ದ ಹಲವು ಇದ್ದಲಿನ ಗಟ್ಟಿಗಳು ದೊರೆತುವು. ಇವುಗಳಲ್ಲೂ ಇಂಗಾಲ14ರ ವೈಪುಲ್ಯ ವನ್ನು ನಿರ್ಣಯಿಸಿ ಇವು 15,600 ವರ್ಷಗಳಷ್ಟು ಹಿಂದಿನವು ಎಂದು ತಿಳಿಯಲಾಗಿದೆ. ಅಷ್ಟು ಹಿಂದೆಯೂ ಮನುಷ್ಯನು ವಾಸಿಸಿದ್ದು ಬೆಂಕಿಯ ಉಪಯೋಗವನ್ನರಿತಿರಬೇಕು ಎಂದು ಈ ಶೋಧವು ತಿಳಿಸುತ್ತದೆ.

ಜಪಾನಿನ ಟೋಕಿಯೋ ಪಟ್ಟಣದ ಬಳಿ ನೆಲದ ಕೆಳಗೆ ಹುಗಿದಿಡಲಾದ ಚಿಕ್ಕ ನಾವೆಯೊಂದನ್ನು ಹೀಗೆಯೇ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದಾಗ ಇದು ಸುಮಾರು 3,000 ವರ್ಷಗಳಷ್ಟು ಹಿಂದಿನದು ಎಂದು ತಿಳಿದು ಬಂದಿತ್ತು. ಇಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ಅದರಲ್ಲೇ ಸಿಕ್ಕಿದ ಕೋಳಿ ಹೂವಿನ ಬೀಜವೊಂದನ್ನು ಇಂಥದೇ ಪರೀಕ್ಷೆಗೀಡುಮಾಡಿದಾಗಲೂ ಇದರ ವಯಸ್ಸು ಸುಮಾರು ಇಷ್ಟೇ ಇದ್ದುದು ತಿಳಿದಿದೆ. ಅಲ್ಲದೆ ಇಷ್ಟು ವರ್ಷಗಳ ನಂತರವೂ ಈ ಬೀಜವನ್ನು ಮೊಳಕೆ ಬರುವ ಸನ್ನಿವೇಶದಲ್ಲಿಟ್ಟಾಗ ಅದು ಮೊಳಕೆಯೂ ಬಂದಿದ್ದು ಚಿಗುರಿತು. 3,000 ವರ್ಷಗಳ ತನಕವೂ ಇದರಲ್ಲಿ ಜೀವ ಶಕ್ತಿಯು ಸುಪ್ತವಾಗಿದ್ದುದು ಆಶ್ಚರ್ಯವಲ್ಲವೆ ?

ಮಿಥೇನಿನ ಸಹಾಯದಿಂದ ಪೆಟ್ರೋಲಿಯಂನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದು ಅಗೆಯುತ್ತಾರೆ. ಮಿಥೇನ್ ಅನಿಲವು 1 ಇಂಗಾಲ ಮತ್ತು 4 ಜಲಜನಕ ಪರಮಾಣುಗಳುಳ್ಳ ಅನಿಲ. ಸಸಿಗಳು ಸತ್ತು ಕೊಳೆಯುವಲ್ಲೆಲ್ಲ ಇದು ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಲಿ ಪೆಟ್ರೋಲಿಯಂ ಸಿಗುತ್ತದೆಯೆ ? ನೆಲದಡಿ ತನ್ನಲ್ಲಿನ ಇಂಗಾಲ14ರ ವೈಪುಲ್ಯದ ಕಾರಣದಿಂದ ಬಹಳ ಹಳತೆಂದು ಕಂಡು ಬಂದ ಭಾಗದಲ್ಲೆಲ್ಲ ಪೆಟ್ರೋಲಿಯಂ ಸಿಗಬಹುದೆಂಬ ತೀರ್ಮಾನವು ಇಂದು ಸ್ವೀಕೃತವಾಗಿದೆ. ಇದು ಸತ್ಯವೂ ಆಗಿದೆ.

ಇಂಗಾಲ14ನ್ನು ಇಷ್ಟರತನಕ ಅನೇಕ ವಸ್ತುಗಳ 40,000—60,000 ವರ್ಷಗಳ ಮಿತಿಯೊಳಗಿನ ವಯೋನಿರ್ಣಯದ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಇದಕ್ಕೂ ಹಿಂದಿನ ವಸ್ತುಗಳ ಪರೀಕ್ಷೆಗೆ ಹಿಂದೆ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿದ ಯುರೇನಿಯಂ — ಸೀಸ — ಹೀಲಿಯಂ ಗಡಿಯಾರಗಳೇ ಸಹಾಯಕಗಳು

ಟ್ರೈಟಿಯಂನ ಸಹಕಾರ

ಜಲಜನಕ (ಹೈಡ್ರೋಜನ್)ದ ಭಾರತಮ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯವೇ ಟ್ರೈಟಿಯಂ3. ಇದು 12·5 ವರ್ಷಗಳಷ್ಟರ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು ಉಳ್ಳ ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಧಾತು. ನೆಲದಡಿ ನೀರುಗಳ ಆಶ್ರಯವು ಕಂಡುಬಂದಾಗ ಇದರಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ಟ್ರೈಟಿಯಂನ ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಧರ್ಮವನ್ನಳೆದು ಇಂಥ ಜಲಾಶ್ರಯವು ಇಷ್ಟು ಹಿಂದಿನದು ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಇದಕ್ಕಿಂತಲೂ, ಹಳೆಯ ಮದ್ಯಸಾರವೆಂದು ಕೊಡಲಾದ ಮದ್ಯಸಾರವು ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಹಳೆಯದೆ ? ಇಲ್ಲವೆ ಹೊಸತೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ತೀರ್ಮಾನಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಇದೇ ಟ್ರೈಟಿಯಂನ ವಿಕಿರಣ ಧರ್ಮವು ಇಷ್ಟರಲ್ಲೇ ಸಹಕಾರಿಯಾಗಿದೆ.

ಹೀಗೆ ಅನೇಕ ವಸ್ತುಗಳ ಅಸ್ತಿತ್ವ, ಇವುಗಳಲ್ಲಿನ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ನಿರ್ಣಯ ಹಾಗೂ ಪ್ರಾಚೀನ ವಸ್ತುಗಳ ವಯೋನಿರ್ಣಯ ಹಾಗೂ ಪಳೆಯುಳಿಕೆಗಳ ಕಾಲ ನಿರ್ಣಯೇತ್ಯಾದಿ ವಿಚಾರಗಳಲ್ಲಿ ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು ತುಂಬಾ ಸಹಕಾರಿಯಾಗಿವೆ.

ಅಧ್ಯಾಯ ೧೦

ಆರೋಗ್ಯದ ಮತ್ತು ಚಿಕಿತ್ಸೆಯ ವಿಧಾನಗಳಲ್ಲಿ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳಿಂದ ನೆರವು.

ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಸಸ್ಯಪ್ರಪಂಚದ ರಹಸ್ಯಗಳ ಪರಿಚಯವನ್ನು ತಕ್ಕ ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು ಹೇಗೆ ಒದಗಿಸಬಲ್ಲುವು? ಹೇಗೆ ಇದೀಗ ಒದಗಿಸಿರುತ್ತವೆ ಎಂಬ ವಿವರಗಳನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಿದೆವಷ್ಟೆ. ಸಸಿಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾದ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನೋ ಇತರ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನೋ ಪ್ರಾಣಿ ಪ್ರಪಂಚದ ಅಭ್ಯಾಸದಲ್ಲೂ ಉಪಯೋಗಿಸಬಲ್ಲೆವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಪರೀಕ್ಷಿಸುವ.

ವಿಕೀರ್ಣಗಳಿಂದ ನೇರಾದ ಸಹಾಯ

ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳೋ ಒಂದಲ್ಲ ಒಂದು ಕಣವನ್ನೋ ವಿಕೀರ್ಣವನ್ನೋ ಹೊರಹೊಮ್ಮಿಸುತ್ತಲಿವೆ. ವಿಕೀರ್ಣದಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾದುದು ಗಾಮಾಕಿರಣ. X ಕಿರಣಗಳಿಗಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯುತವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ತರಂಗಗಳೇ ಗಾಮಾಕಿರಣಗಳು. ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳು, ಉಷ್ಣಕಿರಣಗಳು (ಹಿರಿಗೆಂಪು, infra red), ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕು, ಅತಿ ನೇರಳೆ X ಕಿರಣ ಮತ್ತು ಗಾಮಾಕಿರಣಗಳೆಲ್ಲವೂ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ತರಂಗಗಳು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಅಂತರವೆಂದರೆ ತರಂಗಮಾನ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ. ದೀರ್ಘತರ ತರಂಗಗಳು ಕಡಮೆ ಶಕ್ತಿಯವುಗಳು. ಕಡಮೆ ತರಂಗಮಾನದ ವಿಕೀರ್ಣಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯವುಗಳು. X ಕಿರಣಗಳಿಗಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯ ಗಾಮಾಕಿರಣಗಳನ್ನು X ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವಲ್ಲೆಲ್ಲ ಧಾರಾಳವಾಗಿ

ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. X ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಎಂಥ ಉಪಯೋಗಗಳಿಗೆ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ ?

ಕೆಲವೊಮ್ಮೆ ಗಂಟುಗಳಲ್ಲಿ ಕೀಲುಗಳಲ್ಲಿ ಫಕ್ಕನೆ ನೋವು ಕಾಣಿಸುತ್ತದೆ. ಇಂಥ ನೋವು ಸುತ್ತಲೂ ಕೈಕಾಲುಗಳಲ್ಲೆಲ್ಲ ವ್ಯಾಪಿಸುವುದೂ ಇದೆ. ಎಲುಬಿನ ಸುತ್ತಲೂ, ಮುಖ್ಯ ಗಂಟುಗಳ ಸುತ್ತಲೂ ಇರುವ ಕಣ ದ್ರವ್ಯದಲ್ಲಿ ಕ್ಯಾಲ್ಸಿಯಂ ಧಾತುವಿನ ಸಂಚಯವೇ ಇಂಥ ಆಕಸ್ಮಿಕ ಬೇನೆಗೆ ಕಾರಣವಾಗುತ್ತದೆ. ತೀಕ್ಷ್ಣ X ಕಿರಣಗಳ ಇಲ್ಲವೇ ಗಾಮಾ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಈ ಭಾಗದ ಮೇಲೆ ಅನೇಕ ಬಾರಿ, ಪ್ರತಿಬಾರಿಯೂ ಕೇವಲ ಕೆಲವೇ ನಿಮಿಷಗಳ ತನಕ ಹಾಯಿಸಿ ಈ ಊನವನ್ನು ಸರಿಪಡಿಸುತ್ತಾರೆ.

ಸುಮಾರು 1940ರ ತನಕ, ಇಂಥ ಗಾಮಾಕಿರಣಗಳನ್ನು ರೇಡಿಯಂ ಮೊದಲಾದ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ–ನೈಸರ್ಗಿಕ ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಧಾತುಗಳಿಂದಲೇ ಪಡೆಯುತ್ತಲಿದ್ದರು. ಯುದ್ಧಾನಂತರದಲ್ಲಿ ಕೋಬಾಲ್ಟ್ 60, ಸ್ಟ್ರಾಂಷಿಯಮ್ 90 ಈ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಅವುಗಳು ಒದಗಿಸಬಲ್ಲ ಗಾಮಾಕಿರಣಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಲಿದ್ದಾರೆ. ಪರಮಾಣು ಬಟ್ಟಲುಗಳಲ್ಲಿ ಇಂಥ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸಿಕೊಂಡು ಇದನ್ನು ಹೇರಳವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲು ಬರುತ್ತಲಿದೆ; ಮಾತ್ರವಲ್ಲ, ಇದು ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಬಹಳ ಕಡಮೆ ಬೆಲೆಗೂ ಸಿಗುತ್ತಲಿದೆ. ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ಅಂಕೆ ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನೊದಗಿಸಿ ಈ ವಿಚಾರವನ್ನು ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿದ್ದೇವೆ. ರೇಡಿಯೋ ಸೀಶಿಯಂನಿಂದ ಹೊರಹೊಮ್ಮುವ ಅತಿ ತೀಕ್ಷ್ಣವಾದ ಗಾಮಾ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಪಡೆದರೂ ಇವುಗಳ ಬೆಲೆಯು ಕ್ಯೂರಿ 1ಕ್ಕೆ 5 ಡಾಲರ್ ಕೂಡ ಇರಲಾರದು. ಮಾತ್ರವಲ್ಲ, ಪ್ರತಿ ಗ್ರಾಂನಿಂದ 60 ಕ್ಯೂರಿಗಳಿಗೂ ಮಿಕ್ಕ ವಿಕೀರ್ಣಗಳನ್ನೂ ಪಡೆಯಬಲ್ಲೆವು. ಮಕ್ಕಳ ಬಧಿರತೆಗೆ ಕೆಲವೊಮ್ಮೆ ನಡುಗಿವಿಗೂ ಗಂಟಲಿಗೂ ಇರುವ ನಾಳದಲ್ಲಿ ಲಿಂಫ್‌ದ್ರವ್ಯ ಸೇರುತ್ತ ತಡೆಯೊಡ್ಡುವುದು ಕಾರಣವಾಗಿದೆ. ಪ್ರಬಲವಾದ X ಕಿರಣಗಳ ಇಲ್ಲವೆ ಗಾಮಾಕಿರಣಗಳ ಪುಂಜವೊಂದನ್ನು ಹಾಯಿಸಿ ಇದನ್ನು ಚಿಕಿತ್ಸೆಗೊಳಿಸಲು ಬರುತ್ತದೆ.

ಕೋಬಾಲ್ಟ್ 60, ಇಲ್ಲವೆ ಸ್ಟ್ರಾಂಷಿಯುಮ್ 90ರ ವಿಕೀರ್ಣಗಳಿಂದ ಅಗ್ನಿಸರ್ಪ (Herpes)ವು ಶಮನ ಹೊಂದುವುದು ಕಂಡು ಬಂದಿದೆ.

ಥೈಮಾಸ್‌ಗ್ರಂಥಿಯು ಊದಿಕೊಳ್ಳುತ್ತ ನಿಃಶ್ವಸನ ಕಾರ್ಯಕ್ಕೆ ತಡೆಯೊಡ್ಡುವುದಿದೆ. ಅದರ ಮೇಲೆ ತೆಳ್ಳಗಾದ, ಪ್ರಬಲವಾದ ಗಾಮಾ ಕಿರಣಗಳ ಪುಂಜವನ್ನು ಹಾಯಿಸಿದಲ್ಲಿ ವಾಸಿಯಾಗುವುದು.

ಮುಖದ ಎರಡು ಮಗ್ಗಲುಗಳಲ್ಲೂ ಇರುವ ಪಾರೊಟಿಡ್ (Parotid)— ಕರ್ಣಸಮೀಪದ ಗ್ರಂಥಿಯು — ಊದಿಕೊಂಡಾಗಲೂ ಈ ಭಾಗದ ಮೇಲೆ ಗಾಮಾಕಿರಣಗಳನ್ನು ಹಾಯಿಸಿ ಶಮನಗೊಳಿಸಬಹುದು.

ಕೋಬಾಲ್ಟ್ 60ರ ವಿಕೀರ್ಣಗಳಿಂದ ಸಂಧಿವಾತ ಮತ್ತು ರಕ್ತವಾತಗಳಿಂದ ಪೀಡಿತವಾದ ಭಾಗಗಳನ್ನು— ಈ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿನ ಬೇನೆಯನ್ನು —ಗುಣಪಡಿಸಲು ಬರುತ್ತದೆ.

ಅನೇಕ ವೇಳೆ ನಮ್ಮ ದೇಹದೊಳಗಿನ ಅಂತರ್ಗ್ರಂಥಿಗಳು ತಂತಮ್ಮ ಸ್ರೋತಗಳನ್ನೊದಗಿಸದೆ ಇದ್ದಾಗಲೆಲ್ಲಾ, ತಕ್ಕ ತೀಕ್ಷ್ಣತೆಯ ಗಾಮಾ ಕಿರಣಗಳ ಪುಂಜದಿಂದ ಈ ಭಾಗವನ್ನು ಬೆಳಗಿದಾಗ ಇವು ಸುಧಾರಿಸುವುವು. ಅನೇಕ ವರ್ಷಗಳ ಬಂಜೆತನವೂ ಇವುಗಳಿಂದ ನಿವಾರಣೆ ಹೊಂದಿದೆ.

ಯೌವನಾವಸ್ಥೆಗೆ ಕಾಲಿಡುವ ಮಕ್ಕಳ ಮುಖದ ಮೇಲೆ ಎದ್ದು ವಿಲಕ್ಷಣವಾಗಿ ಕಾಣುವ ಬೊಕ್ಕೆಗಳನ್ನೂ ಇಂಥ ವಿಕೀರ್ಣಗಳ ತೆಳುವಾದ ಶಕಲಗಳಿಂದ ಸುಟ್ಟು ತೆಗೆಯಬಹುದು. ಇದೇನೋ 'ಗುಬ್ಬಿಯ ಮೇಲೆ ಬ್ರಹ್ಮಾಸ್ತ್ರವೆ ? ಎಂದೆನಿಸಿದರೂ ದೊಡ್ಡ ಬಾವುಗಳನ್ನು ಸುಡಬಹುದೆಂಬ ಅನುಮಾನಕ್ಕೆ ಇದು ಕಾರಣವಾಯಿತು.

ಕ್ಯಾನ್ಸರ್‌ನ ಚಿಕಿತ್ಸೆ

ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ವಿಚಾರಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಕ್ಯಾನ್ಸರ್ (ಅರ್ಬುದ, Cancer)ನ ಚಿಕಿತ್ಸೆಯಲ್ಲಿ ಗಾಮಾ ವಿಕೀರ್ಣಗಳು ಅಪಾರ ಸೇವೆಯ

ನ್ನೊದಗಿಸಿರುತ್ತವೆ. ಇದು ಅನಾದಿಯಿಂದಲೂ ಇರಬಹುದಾದ ದೊಡ್ಡ ಕಾಯಿಲೆಗಳಲ್ಲೊಂದು. ಇದರ ಚಿಕಿತ್ಸೆಯ ವಿಧಾನವೇ ಇದ್ದಿಲ್ಲ. ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಮಾತ್ರ ಇದು ಪ್ರಬಲಿಸುವ ಮುಂಚೆ ಗಾಮಾ ಕಿರಣಗಳ ತೀಕ್ಷ್ಣ ಪುಂಜವೊಂದನ್ನು ತಕ್ಕ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ, ತಕ್ಕಷ್ಟು ದಿನ ಉಪಯೋಗಿಸಿದಾಗ ದೊಡ್ಡ ಬಾವು ಅಲ್ಲೇ ಕರಗುತ್ತ ಈ ರೋಗವು ವಾಸಿಯಾಗುವುದು.

ಚಿಕ್ಕ ಮಕ್ಕಳಲ್ಲೂ ಚರ್ಮದ ಕ್ಯಾನ್ಸರ್ ತಲೆದೋರುವುದಿದೆ. ಗುಳ್ಳೆಗಳು ಚರ್ಮದ ಮೇಲೆ ಕಂಡುಬರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳಿಂದ ರಕ್ತ ಒಸರುತ್ತದೆ, ಕೆಲವೊಮ್ಮೆ ಇದು ದೊಡ್ಡದಾಗುತ್ತ ಅಲ್ಲೇ ಒಣಗಿದಂತೆಯೂ ಕಾಣುವುದು. ಇದರ ಚಿಕಿತ್ಸೆಗಾಗಲೀ, ಇಲ್ಲವೆ ಮೂತ್ರಕೋಶದಲ್ಲಿನ ಕ್ಯಾನ್ಸರ್—ಕಿಬ್ಬೊಟ್ಟೆಯಲ್ಲಿ ಬಾವಿನಂತೆ ಕಂಡುಬರುವಂಥ ಊತದ—ಚಿಕಿತ್ಸೆಯಲ್ಲಾಗಲೀ ಕೋಬಾಲ್ಟ್ 60 ಮತ್ತು ಸ್ಟ್ರಾಂಷಿಯಮ್ 90ರಿಂದ ಪಡೆಯಬಹುದಾದ ಗಾಮಾ ಕಿರಣಗಳು ಚಿಕಿತ್ಸೆ ಮಾಡಿವೆ.

ಕುತ್ತಿಗೆಯ ಹೊರಭಾಗದಲ್ಲಿ, ಒಳಭಾಗದಲ್ಲಿ, ಗಂಟಲಲ್ಲಿ. ಶ್ವಾಸ ಕೋಶ, ಕರುಳು, ನಾಲಿಗೆ, ವಸಡುಗಳಲ್ಲಿ ಕ್ಯಾನ್ಸರ್ ತಲೆದೋರುವುದೂ ಇದೆ. ಹೊರಭಾಗದಲ್ಲಿ ಕಾಣುವ ಕ್ಯಾನ್ಸರ್‌ಪೀಡಿತ ಭಾಗವನ್ನು ಬಹು ಸುಲಭವಾಗಿ ಗಾಮಾಕಿರಣಗಳಿಂದ ಆಗಾಗ್ಗೆ, ಅನೇಕ ಬಾರಿ ಬೆಳಗುತ್ತ ಗುಣಪಡಿಸಬಹುದು. ಒಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ತಲೆದೋರುವ ಈ ಕಾಯಿಲೆಯಾದರೋ ತನ್ನ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸುವಷ್ಟರಲ್ಲಿ ಕ್ಯಾನ್ಸರ್ ಕೋಶಗಳು ಇತರ ಭಾಗಗಳಿಗೆ ಹರಡಿರಲೂಬಹುದು. ಕಾರಣ ಇಂಥ ಗೌಣ ಕ್ಯಾನ್ಸರ್‌ಪೀಡೆಯ ಚಿಕಿತ್ಸೆಯು ಕಷ್ಟತರವೆನಿಸಿದೆ.

ರಕ್ತನಾಳಗಳಲ್ಲಿ, ಎಲುಬಿನಲ್ಲಿ, ಎಲುಬಿನ ಮಜ್ಜೆಯಲ್ಲಿ (marrow) ಕ್ಯಾನ್ಸರ್ ಕಾಣುವುದೂ ಇದೆ. ಇದರ ನಿದಾನವು ಕಷ್ಟ ಸಾಧ್ಯವೇ. ಇನ್ನು ಚಿಕಿತ್ಸೆಯೂ ಕಷ್ಟಸಾಧ್ಯವೇ ಎನ್ನುವುದರಲ್ಲಿ ಆಶ್ಚರ್ಯವೇನೂ ಇಲ್ಲ. ಆದರೂ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳ ಬಳಕೆಯಿಂದ ಅನೇಕ ನೂತನ ವಿಚಾರಗಳು ಬೆಳಕಿಗೆ ಬಂದಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ಫಲ

ವಾಗಿ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳ ವಿಕೀರ್ಣಗಳು ಇಂಥ ಗೌಣ ಕ್ಯಾನ್ಸರಿನ ಮತ್ತು ಒಳಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಕ್ಯಾನ್ಸರ್ ಹರಡುವ ಕಾರಣವನ್ನಾಗಲೀ, ಇಂಥ ರೋಗದ ಚಿಕಿತ್ಸಾಮಾರ್ಗವನ್ನಾಗಲೀ ಸುಲಭವನ್ನಾಗಿ ಮಾಡಬಹುದೆಂಬ ಆಸೆಯು ಉದಿಸಿದೆ.

ಇತರ ಅಂಕನ ಧಾತುಗಳು—ಇವುಗಳ ನೆರವು

ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು ತಾವೆಲ್ಲಿದ್ದರೂ ತಂತಮ್ಮ ವಿಕೀರ್ಣಗಳ ಕಾರಣದಿಂದ ಗುರುತಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಇಂಗಾಲ14, ರಂಜಕ32, ಸೋಡಿಯಂ24 ಮೊದಲಾದ ಸಾಮಾನ್ಯ ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು ಆಹಾರದೊಡನೆ ಜೆರೆಸಲ್ಪಟ್ಟು ಇಷ್ಟರತನಕ ಅನೇಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ವಸ್ತುವೊಂದು ಒಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟು ವೇಗವಾಗಿ ಮತ್ತು ಎಂಥ ಭಾಗಗಳಿಗೆ ಹರಡುವುದು ಎಂಬುದರ ಜ್ಞಾನವು ಸುಲಭವಾಗಿ ಒದಗುತ್ತದೆ. ಇನ್ನಾವ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದಲೂ, X ಕಿರಣಗಳ ಚಿತ್ರಗಳಿಂದಲೂ ಇಂಥ ಜ್ಞಾನವನ್ನು ನಾವು ಒದಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಾರೆವು. ಅಂತೂ ಇಂಥ ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಸೇವಿಸಿ ಅನೇಕ ಜೀವಕಾರ್ಯಗಳ ರಹಸ್ಯವನ್ನು ಹೊರಗೆಡಹಲು ಮನುಷ್ಯ ಶಕ್ತನಾಗಿದ್ದಾನೆ. ಈ ತನಕ ತಿಳಿಯದೆಯೇ ಇದ್ದ ಅನೇಕ ಜೀವಕಾರ್ಯಗಳ ವಿವರಗಳುಇದೀಗ ಸಂಗ್ರಹವಾಗುತ್ತಲಿವೆ.

ಪ್ರಾಣಿಯ ದೇಹದಲ್ಲಿ ವಿಟಮಿನ್ನುಗಳು, ಪ್ರೋಟೀನುಗಳು, ಪಿಷ್ಟ, ಶರ್ಕರ ಮೊದಲಾದುವುಗಳು ಜೀರ್ಣಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿ ಹೇಗೆ ಕಾರ್ಯಗತವಾಗುತ್ತವೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳಿಂದಲೇ ಜೀವರಸಾಯನ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ತಿಳಿದಿದ್ದಾರೆ.

ಹೊರಗಿನಿಂದಲೇ ಇಂಥ ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ವಸ್ತುಗಳು ಸಂಚರಿಸುವ ಹಾದಿಯನ್ನು ಗುರುತಿಸಬಲ್ಲೆವು. ಇದು ಮಾತ್ರವಲ್ಲ, ಇಂಥ ವಿಕಿರಣ ಕಾರಕ ವಸ್ತುವನ್ನು ಅಪರಿಮಿತ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ,ಸೇವಿಸುವ ಅವಶ್ಯ

ವೇನೂ ಇಲ್ಲ. ಯತ್ಕಿಂಚಿತ್ತೇ ಇರಲಿ, ಇದು ತನ್ನ ವಿಕೀರ್ಣಗಳ ಕಾರಣದಿಂದ ತನ್ನ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಬಹಳ ಕಾಲದ ತನಕವೂ ಪ್ರಕಟಿಸುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಲದೆ ಇವು ಮನುಷ್ಯ ದೇಹದಿಂದಲೋ ಪ್ರಾಣಿ ದೇಹದಿಂದಲೋ ಹೊರಗೆಡಹಲ್ಪಡದ ವಸ್ತುಗಳಾದರೆ, ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಬಗ್ಗೆ ತಕ್ಕ ಕಡಮೆ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸಿನ (half life), ಇಲ್ಲವೆ ಕಡಮೆ ಸರಾಸರಿ ಆಯುಸ್ಸಿನ (mean life) ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಕೆಲವೇ ಸಮಯದ ತನಕ ಇವು ವಿಕೀರ್ಣಗಳನ್ನು ಹಬ್ಬಿಸುವ ಕಾರಣ ಇವುಗಳಿಂದ ಹಾನಿಯು ತಟ್ಟಲಾರದು. ಅಲ್ಲದೆ ಕ್ರಮಶಃ ಇವುಗಳಿಂದ ಹಬ್ಬುವ ಗಾಮಾಕಿರಣಗಳ ದಟ್ಟತೆಯು ಕಡಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. X ಕಿರಣಗಳನ್ನೋ ಗಾಮಾಕಿರಣಗಳನ್ನೋ ನಾವು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದಾದರೆ ಇವುಗಳೆಷ್ಟು ತೆಳುವಾದ ಕಂಬಿಯಲ್ಲಿ ಪೀಡಿತ ಭಾಗದ ಮೇಲೆರಗಿದರೂ ಇವುಗಳ ಅಧಿಕ ತೀಕ್ಷ್ಣತೆ ಮತ್ತು ತೀವ್ರತೆ(intensity)ಯ ಫಲವಾಗಿ ಒಳಿತಿಗಿಂತ ಕೆಡುಕೇ ಸಂಭವಿಸಬಹುದಾದ ಕಾರಣ ಇವನ್ನು ತುಂಬಾ ಹದವರಿತು, ಮುಂಜಾಗ್ರತೆ ವಹಿಸಿಯೇ ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು. ಇಂಥ ಮುಂಜಾಗ್ರತೆ ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನುಪಯೋಗಿಸುವಾಗ ಆವಶ್ಯಕವಿರದು.

ಇದೇ ಅಲ್ಲದ ಇವುಗಳ ಇನ್ನೊಂದು ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವೂ ಇದೆ: ಇವು ಅನೇಕ ವೇಳೆ ಊನವಿರುವ ಭಾಗವನ್ನು ಸೇರಿ ಅಲ್ಲೇ ನೆಲೆನಿಂತು ಆ ಭಾಗವನ್ನು ಚಿಕಿತ್ಸೆಗೊಳಿಸುತ್ತವೆಯೇ ವಿನಾ ಸರ್ವತ್ರ ಹಬ್ಬುವುದೇ ಇಲ್ಲ. ಇದು ಬಹುಶಃ ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳ ಅತ್ಯುಪಯುಕ್ತ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವೆನಿಸಿದೆ. ಹೀಗೆ ಇಂಥ ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು ಇಷ್ಟರತನಕ ಮನುಷ್ಯ ಮತ್ತು ಜೀವಕಾರ್ಯಗಳ ರಹಸ್ಯಭೇದನಗಳಲ್ಲೆಲ್ಲಾ ತಕ್ಕಷ್ಟು ನೆರವನ್ನಿತ್ತಿವೆ; ನೆರವನ್ನೀಯುತ್ತಲಿವೆ. ಇಂಥ ಪ್ರಯೋಗಗಳಾದರೋ ಇನ್ನೂ ಶೈಶವಾವಸ್ಥೆಯಲ್ಲೇ ಇದ್ದು ಮುಂದಿನ ದಶಕಗಳಲ್ಲಿ ಇವುಗಳ ಉಪಯೋಗದ ವಿವರಗಳನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಬೇಕು.

ರಕ್ತಪಲ್ಲಿ ಕಬ್ಬಿಣದ ಕಾರ್ಯ

ರಕ್ತಹೀನತೆ, ರಕ್ತದೌರ್ಬಲ್ಯಗಳಿಗೆ ಕಬ್ಬಿಣದ ಕೊರತೆಯೇ ಕಾರಣ

ವೆಂದು ಹಿಂದೆ ನಂಬಲಾಗಿತ್ತು. ರಕ್ತದಲ್ಲಿರುವ ಕೆಂಪು ಕಣಗಳನ್ನು ಸಾಗಿಸಲು ಕಬ್ಬಿಣವಿರುವ ಸಂಯುಕ್ತವೊಂದು ಅತ್ಯವಶ್ಯವಿದೆ. ಆದುದರಿಂದಲೇ, ಕಬ್ಬಿಣದ ಕೊರತೆಯು ಕಂಡೊಡನೆ, ರಕ್ತದಲ್ಲಿ ಕೆಂಪು ರಕ್ತಕಣಗಳೂ ಕಡಮೆಯಾಗುತ್ತವೆ, ಮನುಷ್ಯನಲ್ಲಿ ರಕ್ತಹೀನತೆಯು ಕಂಡುಬಂದಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಕೆಂಪು ರಕ್ತಕಣಗಳೋ ನಮ್ಮ ಎಲುಬುಗಳಲ್ಲಿನ ಮಜ್ಜೆಯಲ್ಲಿ ಸೃಷ್ಟಿಗೊಳ್ಳುತ್ತಲಿರುತ್ತವೆ. ಅಲ್ಲಿಂದ ಇವು ರಕ್ತವನ್ನು ಸೇರುತ್ತವೆ. ಆದರೆ, ಇಂಥ ಕೆಂಪು ಕಣಗಳ ಸೃಷ್ಟಿಗೆ ಕಬ್ಬಿಣವು ಅತ್ಯವಶ್ಯವೆಂದು ತಿಳಿದು ಬಂದುದಾದರೂ ಇತ್ತೀಚೆಗೆ. ದೇಹವನ್ನು ಹೊಕ್ಕ ಕಬ್ಬಿಣ ಹಲವು ರೂಪಾಂತರಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತಾ ಕೊನೆಗೆ ಸಾಯುವ (ನಶಿಸುವ) ರಕ್ತಕಣಗಳೊಡನೆ ಪ್ಲೀಹ (spleen)ವನ್ನು ಸೇರುತ್ತದೆಂತಲೂ, ಮತ್ತೂ ಮತ್ತೂ ನಾವು ಕಬ್ಬಿಣವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳದೆ ಹೋದರೂ ಇಂಥ ಕಬ್ಬಿಣವು ರಕ್ತದೊಡನೆ ಪುನಃ ಮಜ್ಜೆಯನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸಿ, ಅಲ್ಲಿ ಪುನಃ ಕೆಂಪು ರಕ್ತಕಣಗಳ ಸೃಷ್ಟಿಗೆ ಕಾರಣವಾಗುತ್ತದೆಂತಲೂ ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ತಿಳಿದುಬಂದಿದೆ. ಇದನ್ನಂತೂ ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಕಬ್ಬಿಣದ ಸಹಾಯದಿಂದ ತಿಳಿಯಲಾಗಿದೆ.

ಇಂಥ ಕಬ್ಬಿಣದ ತೂಕವು 59, ಅಂಕ 20 ಇದು ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಧಾತು ರೂಪ (ಕಬ್ಬಿಣದ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯ). ಇದರ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು 45 ದಿನಗಳಷ್ಟು. ಇದನ್ನು ಸೇವಿಸಿದರೋ ಇದರ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು ಕ್ಷೀಣವೇ ಆಗಿರುವ ನಿಮಿತ್ತ ಇದರಿಂದ ಹಾನಿಯೇನೂ ತಟ್ಟಲಾರದು. ಕಾರಣ, ಸಾಮಾನ್ಯ ರಕ್ತಕಣವೊಂದರ ಆಯುಃಪ್ರಮಾಣವು 120 ದಿನಗಳಷ್ಟು. ಇಂಥ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಸೇವಿಸಿದ ರೇಡಿಯೋ ಕಬ್ಬಿಣದ ಮಹದಂಶವೇನೂ ಉಳಿಯದು. ಹೀಗೆ ರಕ್ತದ ಸೃಷ್ಟಿ, ಹರಿವು, ರಕ್ತಕಣಗಳ ಸೃಷ್ಟಿ, ಅವುಗಳ ಸರಾಸರಿ ಆಯುಸ್ಸು ದೇಹದೊಳಗಿನ ಒಟ್ಟು ರಕ್ತದ ಪರಿಮಾಣ ಮೊದಲಾದ ನಿರ್ಣಯಗಳಲ್ಲಿ ರೇಡಿಯೋ ಕಬ್ಬಿಣ 59 ಮತ್ತು ರೇಡಿಯೋ ಐಯೋಡಿನ್ 131ಗಳು ಸಹಕಾರಿಗಳಾಗಿವೆ.

ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಕಬ್ಬಿಣವನ್ನು ಗುಳಿಗೆಗಳಲ್ಲಾಗಲೀ, ಇಂಜೆಕ್ಷನ್

ಮೂಲಕವಾಗಲೀ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತೇವೆ. ಇಂಥ ಕಬ್ಬಿಣದೊಡನೆ ರೇ. ಕಬ್ಬಿಣ 59ನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿದಾಗಲೋ, ಇದು ತನ್ನ ಗರ್ಭದಿಂದ ಗಾಮಾ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ತಳ್ಳುತ್ತಲೇ ಇರುವ ಕಾರಣ ರಕ್ತದಲ್ಲಿ ಇದು ಹರಿಯುತ್ತ ಲಿದ್ದಂತೆ ಇದರ ಇರವನ್ನು ಹೊರಗಿನಿಂದಲೇ ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಕಬ್ಬಿಣ ವನ್ನು ಸೇವಿಸಿದ ಕೆಲವೇ ಗಂಟೆಗಳಲ್ಲಿ ಇದು ಎಲುಬುಗಳಲ್ಲಿನ ಮಜ್ಜೆಯನ್ನು ಸೇರುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ರಕ್ತದ ಸೃಷ್ಟಿ ಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿ ನೆರವನ್ನೀಯುತ್ತದೆ. ಆ ಜೀವಿಯ ಆವಶ್ಯಕತೆಗೆ ಮಿಕ್ಕ ಕಬ್ಬಿಣವಾದರೋ ಕೆಲವೇ ದಿನಗಳ ನಂತರ ವಿಸರ್ಜನಾಂಗಗಳ ಮೂಲಕ ಹೊರದಬ್ಬಲ್ಪಡುವುದು. ಈ ವಿಚಾರವನ್ನು ಆ ಪ್ರಾಣಿಯ ಮಲಮೂತ್ರಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಿ ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ರೇಡಿಯೋ ಕಬ್ಬಿಣದ ಇರವನ್ನು ತಿಳಿಯಲಾಗಿದೆ. ಇದಕ್ಕಿಂತ :ಮುಂಚೆ, ಮಜ್ಜೆಯಲ್ಲಿ 7 ದಿನಗಳ ತನಕ ಈ ಕಬ್ಬಿಣವೆಲ್ಲವೂ ಇದ್ದು ರಕ್ತ ಸೃಷ್ಟಿಯ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ನೆರವೇರಿಸಿ, ಈ ಕಾರ್ಯವು ಮುಗಿದ ನಂತರ, ಇದು ಪುನಃ ರಕ್ತವನ್ನು ಸೇರುತ್ತದೆ. ಮೊದಲ 7 ದಿನಗಳ ತನಕ ಮಜ್ಜೆಯು ರಕ್ತಕಣಗಳನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಸುವ ಕಾರ್ಯದ ಭರವನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು, ಸೊಂಟದ ಹಿಂದಿನ ಭಾಗದ ಎಲುಬುಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು. ಮುಂದೆ ಇದೇ ಕಬ್ಬಿಣವು ಹೆಚ್ಚಿನ ರಕ್ತಕಣಗಳೊಡನೆ ರಕ್ತ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಸೇರುತ್ತ ದೇಹದ ಉದ್ದಗಲಕ್ಕೂ ಹಬ್ಬುವುದು. ಪುನಃ 10 ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ಎಂಬಂತೆ ಈ ರಕ್ತಕಣಗಳು ನಶಿಸುತ್ತಾ ಇವುಗಳ ಕೊರತೆಯನ್ನು ಹೊಸ ಕಣಗಳು ತುಂಬುವುವು. ನಶಿಸಿದ ಕೆಂಪು ರಕ್ತಕಣಗಳು ಪ್ಲೀಹದಲ್ಲಿ ಕಲೆತು ಅಲ್ಲಿಂದ ಹೊರತಳ್ಳಲ್ಪಡುತ್ತವೆ ಎಂಬುದು ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ತಿಳಿದು ಬಂದ ವಿವರಗಳು.

ಅವಶ್ಯ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಕಬ್ಬಿಣವು ದೇಹದಲ್ಲಿರದೆ ಹೋದರೆ, ಕೊರತೆಯನ್ನು ತುಂಬದೆ ಹೋದರೆ ಏನಾಗಬಹುದು ಎಂಬ ಪ್ರಯೋಗ ಗಳು ನಡೆಯುತ್ತಲಿವೆ. ಅಂತೂ 75 ಕಿಲೋಗ್ರಾಂ ಭಾರವುಳ್ಳ ಮನುಷ್ಯ ನಲ್ಲಿ 4 ಗ್ರಾಂ ತೂಕದ ಕಬ್ಬಿಣವಾದರೂ, ಅಂದರೆ ಮನುಷ್ಯನ ತೂಕದ $\frac{4}{75000}$ ಅಂಶವಾದರೂ ಕಬ್ಬಿಣವು ಅತ್ಯವಶ್ಯವೆಂಬ ವಿಚಾರವು ಸ್ಪಷ್ಟ

ವಾಗಿದೆ. ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನಂಶವಾದರೋ ಹೊರಗೆ ತಳ್ಳಲ್ಪಟ್ಟು ಆರೋಗ್ಯವುಳ್ಳ ಮನುಷ್ಯನಲ್ಲಿ ಇಂಥ ಪ್ರಮಾಣದ ಕಬ್ಬಿಣವು ಸ್ಥಿರವಾಗಿ ಉಳಿಯುವಂತೆಯೂ ಕಂಡು ಬಂದಿದೆ.

ಒಟ್ಟು ರಕ್ತದ ಪರಿಮಾಣ ನಿರ್ಣಯ

ಸಾಮಾನ್ಯ ಮನುಷ್ಯನ ದೇಹದಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟರ ಪರಿಮಾಣದ ರಕ್ತವಿದೆ ಎಂಬ ನಿರ್ಣಯದಲ್ಲಿ ಸಹಕಾರಿಯಾದ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯವೇ ರೇ. ಐಯೊಡಿನ್ 131. ಇದನ್ನು ಪರಮಾಣು ಪ್ರತಿವರ್ತಕಗಳಲ್ಲಿ ತಯಾರಿಸುತ್ತಾರೆ.

$_0$ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್^{1} + $_{52}$ಟೆಲ್ಲೂರಿಯಂ^{130} $\rightarrow$
$_{52}$ರೇಡಿಯೋ ಟೆಲ್ಲೂರಿಯಂ^{131} + ಗಾಮಾಕಿರಣ

ರೇ. ಟೆಲ್ಲೂರಿಯಂ^{131} $\rightarrow$ ರೇ.$_{53}$ಐಯೋಡಿನ್^{131} + $_{-1}$ಬೀಟಾಕಣ^0

ಈ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯವೂ ವಿಕಿರಣಕಾರಕವಾಗಿದೆ; ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ, ಇದರ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು ಕೇವಲ 8 ದಿನಗಳಷ್ಟು. ನಿಶ್ಚಿತ ಗಾತ್ರದ ರೇ. ಐಯೋಡಿನನ್ನು ಸೀರಂ ಆಲ್ಬುಮಿನ್ (serum albumin) ನೊಡನೆ ಬೆರೆಸಿ ರಕ್ತಕ್ಕೆ ಚುಚ್ಚಿದಾಗ; ಹತ್ತು ಹನ್ನೆರಡು ನಿಮಿಷಗಳಲ್ಲಿ ಇದು ಸರ್ವತ್ರ ವ್ಯಾಪಿಸುವುದು. ಅಗ ತುಸು ರಕ್ತವನ್ನು ತೆಗೆದು ಇದರ ವಿಕಿರಣ ಕಾರಕ ಧರ್ಮವನ್ನು ಅಳೆಯುತ್ತಾರೆ. ನಾವು ಚುಚ್ಚಿದ ಸೀರಂನಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟು ಪಾಲು ರಕ್ತವಿದೆ ಎಂಬುದು ಇದರಿಂದ ಸುಲಭವಾಗಿ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ ಮೊದಲು ತುಂಬಿದ ದ್ರವ್ಯದ ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಗುಣದ ·001 ಅಂಶವನ್ನು ಮಾತ್ರ ನಂತರ ಪರೀಕ್ಷೆಯು ತೋರಿಸಿದರೆ ಆಗ ನಾವು ಚುಚ್ಚಿದ ಸೀರಂನ $\frac{1}{\text{೧}01}$ ಇಲ್ಲವೆ 1000 ಪಾಲು ರಕ್ತವು ದೇಹದಲ್ಲಿದೆ ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಪ್ರಯೋಗದ ಆವಶ್ಯಕತೆಯನ್ನೋ, ಸಾರ್ಥಕತೆಯನ್ನೋ ಥಕ್ಕನೆ ತಿಳಿಯಲಾರೆವು. ಬಹಳ ರಕ್ತವು ಸ್ರವಿಸಲಿರುವ ಒಂದು ಶಸ್ತ್ರಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಮಾಡುವ ಮುಂಚೆ ರೋಗಿಯಲ್ಲಿ ತಕ್ಕಷ್ಟು ರಕ್ತವಿದೆಯೆ ? ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ಎಷ್ಟನ್ನು ತುಂಬತಕ್ಕುದು ಎಂಬ ನಿರ್ಣಯಗಳಿಂದ

ಎಂಥ ದೊಡ್ಡ ಆಪರೇಶನ್‌ಗಳ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲೂ ಅಧಿಕ ರಕ್ತಸ್ರಾವದ ಕಾರಣದಿಂದ ರೋಗಿ ಸಾಯುವಂತಿಲ್ಲ. ಇದು ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ ಕೈಬೆರಳೆಣಿಕೆ ಯಷ್ಟರ ನಿಮಿಷಗಳಲ್ಲೇ ಇದು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ನಡೆಯಲ್ಪಡಬಹುದಾದ ಪ್ರಯೋಗವೂ ಆಗಿದೆ. ಇಂದಿನ ಶಸ್ತ್ರಚಿಕಿತ್ಸೆಯ ಕ್ರಮಗಳಲ್ಲಿ ರೇಡಿಯೋ ಅಯೊಡಿನ್ 131 ತಕ್ಕಷ್ಟು ನೆರವನ್ನೀಯುತ್ತಲಿದೆ.

ರೇ. ಅಯೊಡಿನ್‌ನ ಇತರ ಉಪಯೋಗಗಳು

ಮನುಷ್ಯದೇಹದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಿಗೇನೂ ಅಯೋಡಿನ್ ಅವಶ್ಯವಿಲ್ಲ. ಸುಮಾರು 15 ಜನರಿಗೆ ಅವರ ಪೂರ್ತಿ ಜೀವಾವಧಿಯಲ್ಲಿಯೂ 1 ಔನ್ಸ್ (28 5 ಗ್ರ್ಯಾಂ) ಅಯೊಡಿನ್ ಕೂಡ ಅವಶ್ಯವಿಲ್ಲ ಎಂದರೆ ನಿಮಗೆ ಆಶ್ಚರ್ಯವಾಗಲೂ ಬಹುದಲ್ಲವೆ ? ಇಷ್ಟು ಕಡಮೆ ಪ್ರಮಾಣದ ಅಯೋಡಿನ್ ಸಾಕಾದರೂ ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಆವಶ್ಯಕ ಪ್ರಮಾಣದ ಅಯೊಡಿನ್ ಇಲ್ಲವಾದರೆ ಅನೇಕ ದೈಹಿಕ ಊನಗಳು ತಲೆದೋರುತ್ತವೆ. ಥೈರಾಯಿಡ್ (Thyroid) ಗ್ರಂಥಿಯ ಸ್ರಾವದಿಂದ ಈ ಅಯೋಡಿನ್ ಥೈರಾಕ್ಸಿನ್ ಆಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ; ರಕ್ತವನ್ನು ಸೇರುತ್ತದೆ. ಇದು ಆವಶ್ಯಕತೆ ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ರಕ್ತದಲ್ಲಿದ್ದರೆ ಅಂಥ ಮನುಷ್ಯನು ಅಂಜುಗುಳಿಯಾಗಲೂ ಬಹುದು, ಥಕ್ಕನೆ ರೇಗುವ ಸ್ವಭಾವದವನೂ ಆಗಬಹುದು. ಕ್ಷಣಕ್ಷಣಕ್ಕೂ ಇಂಥ ವ್ಯಕ್ತಿಗಳ ಸ್ವಭಾವ ಬದಲಾಗುತ್ತಲೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಥೈರಾಕ್ಸಿನ್ ಆವಶ್ಯಕತೆಗಿಂತ ಕಡಮೆ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿದ್ದ ಮನುಷ್ಯರು ಮಂದಗಾಮಿಗಳೂ ಉದಾಸೀನಪ್ರವೃತ್ತಿಯವರೂ ಆಗುತ್ತಾರೆ. ಅಂತೂ ದೇಹದ ಸಮತೋಲ ಮತ್ತು ಹದವಾದ, ಮಿತವಾದ ಕಾರ್ಯಾಚರಣೆಗೆ ಅಯೊಡಿನ್ ಸಹಕಾರಿ.

ಥೈರಾಯಿಡ್‌ನಲ್ಲಿ ಅರ್ಬುದವು ತಲೆದೋರುವುದೂ ಇದೆ; ಇದನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು ರೇ. ಅಯೋಡಿನನ್ನು ರಕ್ತಕ್ಕೆ ಚುಚ್ಚಬೇಕು. ಇದು ನೇರಾಗಿ ಥೈರಾಯಿಡ್‌ನ್ನೇ ಹೋಗಿ ಸೇರುತ್ತದೆ, ಮತ್ತು ಇದರ ಅಸ್ತಿತ್ವ ವನ್ನು ನಾವು ಹೊರಗಿನಿಂದಲೇ ಗುರುತಿಸಬಹುದು. ಇಷ್ಟು ಮಾತ್ರವೇ

ಅಲ್ಲ, ಅರ್ಬುದದ ಪೀಡಿತ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ನೆಲೆನಿಂತರೇ. ಆಯೋಡಿನ್ ತನ್ನಲ್ಲಿಂದ ಹೊರ ಹೊಮ್ಮಿಸುವ ಗಾಮಾಕಿರಣಗಳಿಂದ ಅರ್ಬುದವನು ದಹಿಸಿಬಿಡುತ್ತದೆ. ಇಷ್ಟರಿಂದಲೇ ಚಿಕಿತ್ಸೆಯಾಗುವುದು ಇದೆ. ಇತರ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಅರ್ಬುದವು ಕಂಡುಬಂದರೂ ಇಂಥ ರೊಡಿಯೋ ಅಯೊಡಿನ್ ಆ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಸೇರಿಕೊಳ್ಳುವ ಕಾರಣದಿಂದಲೂ ಅರ್ಬುದದ ನಿದಾನ ಕಾರ್ಯ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಸಹಕಾರವನ್ನೀಯುತ್ತಲಿದೆ. ಯಾವ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಅರ್ಬುದವಿರ ಬಹುದು ಎಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿದನಂತರ ಇದನ್ನು ತಕ್ಕ ಚಿಕಿತ್ಸೆಗೊಳಪಡಿಸಲೂ ಬಹುದು.

ಎಂಜಿನಾ ಪೆಕ್ಟ್ರೋರಿಸ್ (Angina Pectoris) ಎಂಬ ಹೃದಯದ ಊನವನ್ನು ರೇಡಿಯೋ ಅಯೋಡಿನ್ ಚಿಕಿತ್ಸೆಗೊಳಿಸ ಬಲ್ಲುದು ಎಂಬ ವಿಚಾರವು ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಸಿದ್ಧವಾಗಿದೆ. ರೇಡಿಯೋ ಅಯೋಡಿನ್ 131ನ್ನು ರಕ್ತಕ್ಕೆ ಚುಚ್ಚಿದಾಗಲೂ ಇದು ಥೈರಾಯಿಡ್‌ನ್ನು ಸೇರಿ ದೇಹದ ಎಲ್ಲ ಕಾರ್ಯಗಳ ಭರವನ್ನೂ, ಈ ಮೂಲಕ ಹೃದಯದ ಕಾರ್ಯದ ವೇಗವನ್ನೂ ಕುಂಠಿತಗೊಳಿಸುವುದು. ಅಧಿಕ ಶ್ರಮವನ್ನು ಕಡಮೆಮಾಡಿ ಹೃತ್ಕ್ರಿಯೆ ಒಮ್ಮೆಗೇ ನಿಲ್ಲದಂತೆ ಸಹಕರಿಸುವುದು.

ದೇಹದಲ್ಲಿ ಇಂಗಾಲದ ಆಸ್ವಾದನೆ

ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಹೇಳಿರುವಂತೆ ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಕಂಡು ಬರುವ ರೇಡಿಯೋ ಆಕ್ಟಿವ್ ಇಂಗಾಲ 14ರ ಅಂಶವು ಸ್ಥಿರವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಮನುಷ್ಯ ದೇಹದ ವಿಚಾರದಲ್ಲೂ ಜೀವಾವಧಿಯಲ್ಲಿ ದೇಹದೊಳಗಿರುವ ಇಂಗಾಲ 14ರ ಪ್ರಮಾಣವು ಸ್ಥಿರವೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಹೆಚ್ಚಿನಂಶ ಎಂದರೆ ಹೊರಗಿನಿಂದ ಇಂಗಾಲ 14ನ್ನು ಮನುಷ್ಯ ದೇಹಕ್ಕೆ ಚುಚ್ಚಿ ರಕ್ತಗತ ಮಾಡಿದಾಗಲೋ ಅನೇಕ ವಿಚಾರಗಳನ್ನೂ ಮುಖ್ಯ ನಮ್ಮ ದೇಹದಲ್ಲಿ ಶರ್ಕರ ಪಿಷ್ಟಗಳು, ಪ್ರೋಟೀನುಗಳು ವಿಟಮಿನ್ನುಗಳು ಎಂಥ ಕಾರ್ಯ ವನ್ನೆಸಗುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಡುತ್ತದೆ. ಈ ತನಕ

ಕೇವಲ ಊಹೆಯಿಂದಲೇ ಅನುಮಾನಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಅನೇಕ ಜೀವಕಾರ್ಯಗಳನ್ನು—ಮುಖ್ಯ ಇಂಗಾಲಾಸ್ವಾದನೆಯ ವಿವರಗಳನ್ನು ಇಂದು ಕಾರ್ಬನ್ 14ರ ಮೂಲಕ ಪ್ರಯೋಗತಃ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿ ಸತ್ಯವನ್ನು ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳುವಂತಾಗಿದೆ. ಇಂಗಾಲ 14ರ ಉಪಯೋಗದಿಂದ ಹಾನಿಯೂ ಇಲ್ಲ. ಇದು ಅತ್ಯಾಶ್ಚರ್ಯದ ವಿಷಯ. ಇದರ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸೇನೋ 5600 ವರ್ಷಗಳಷ್ಟು. ಆದರೆ ಲೆಕ್ಕಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಇಂಗಾಲ 14 ದೇಹದೊಳಗೆ ಇದ್ದರೆ ಇಂಥ ಹೆಚ್ಚಿನ ಇಂಗಾಲವು ಮಾಂಸಖಂಡಗಳಲ್ಲಿ, ಮೇದಸ್ಸಿನಲ್ಲಿ ಉಳಿಯ ಬಹುದಾದ ಅವಧಿಯು ಕೆಲವೇ ವಾರಗಳಷ್ಟು, ಎಲುಬಿನಲ್ಲಿ ಕೂಡ ಇದು ಆರು ತಿಂಗಳಷ್ಟು ಸಮಯ ಉಳಿಯಬಲ್ಲುದು. ಆದುದರಿಂದ ಇದರಿಂದ ಹಾನಿಯಾಗದು.

ಇತರ ಜೀವಕಾರ್ಯಗಳ ವಿವರಗಳ ನಿರ್ಣಯ

ಅಹಾರಾಂಶಗಳಲ್ಲೆಲ್ಲ ಖ್ಯಾತಿ ಪಡೆದಿರುವ ವಿಟಮಿನ್ನುಗಳು—ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ವಿಟಮಿನ್ B12 ಎಂತಹ ಜೀವಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿ ಪಾಲುಗೊಳ್ಳುತ್ತಲಿದೆ? ಇದನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು ಕೋಬಾಲ್ಟ್ 60ನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದು ಕೋಬಾಲ್ಟ್‌ನ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳಲ್ಲೊಂದು, ಮಾತ್ರವಲ್ಲ ವಿಕಿರಣಕಾರಕವೂ ಆಗಿದೆ. ಇದರ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಅಂಶವು ಮಾತ್ರ ದೇಹದಲ್ಲಿ ಉಳಿದು ಉಳಿದುದೆಲ್ಲವೂ ದೇಹದಿಂದ ವಿಸರ್ಜನೆಗಳಲ್ಲಿ ಹೊರಗೆ ಸಾಗುತ್ತಿದೆ; ಕಾರಣ, ಇದರಿಂದ ದೇಹಕ್ಕೇನೂ ಹಾನಿ ಬಾರದು. ಇದನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿದಾಗಲೋ ವಿಟಮಿನ್ B12ರ ಕೊರತೆಯು ಕರುಳಿನ ಭಿತ್ತಿಗಳು ನೀರು ಹೀರುವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕಡಮೆ ಮಾಡುವುದರ ಫಲವಾಗಿ ಹೇಗೆ ರಕ್ತ ಹೀನತೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡಬಲ್ಲುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಇಷ್ಟರಲ್ಲೇ ತಿಳಿಯಲಾಗಿದೆ.

ಮಧುಮೇಹ (Diabetis). ಕಾಯಿಲೆಯ ಒಬ್ಬನಿಗೆ ರೇಡಿಯೋ ಇಂಗಾಲ 14ನ್ನು ಮದ್ದಿನ ಮೂಲಕ ಚುಚ್ಚಿ, ಇದನ್ನು ರಕ್ತಗತಮಾಡಿ,

ಅಪನ ದೇಹದಲ್ಲಿ ಇನ್ಸುಲಿನ್ ಏನಾಗಿದೆ, ಏನಾಗುತ್ತಲಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಇನ್ಸುಲಿನನ್ನೇ ವಿಕಿರಣಕಾರಕವನ್ನಾಗಿ ಪಡೆದು ದೇಹದೊಳಗೆ ಪ್ರವೇಶಗೊಳಿಸಿ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದಾಗಲೂ ಇದನ್ನು ಇನ್ಸುಲಿನೇಸ್ ಎಂಬ ವಿಷವು ಹೇಗೆ ಪ್ರತಿಭಟಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇಂಥ ರೋಗಿಗಳಲ್ಲಿ ಪಿತ್ತಕೋಶದ ಕಾರ್ಯಗಳನ್ನೂ ಇಂಗಾಲ 14ರ ಸಹಾಯದಿಂದ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿ ಇಂಥ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಪಿತ್ತ ಕೋಶದ ವಿಶಿಷ್ಟ ಸ್ರಾವವೊಂದು ಹೇಗೆ ಇನ್ಸುಲಿನನ್ನು ರಕ್ಷಿಸುತ್ತ ದೆಂಬುದನ್ನೂ ಗಮನಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದರ ಫಲವಾಗಿ ಮಧುಮೇಹದ ಶಾಸ್ತ್ರೀಯ ಚಿಕಿತ್ಸಾಕ್ರಮವು ದೊಡ್ಡದಾಗಲೂಬಹುದು ಎಂಬಾಸೆಯು ಕುದುರಿದೆ

ಇಂಗಾಲ 14ರಷ್ಟೇ ಉಪಯುಕ್ತವಾದ ಇನ್ನೊಂದು ರೇಡಿಯೋ ಐಸೋಟೋಪು ಸೋಡಿಯಂ 24. ಅಡಿಗೆಯುಪ್ಪು ಇದೆಯಲ್ಲ, ಇದು ಸೋಡಿಯಂ ಕ್ಲೋರೈಡ್. ಇದರಲ್ಲಿನ ಸೋಡಿಯಂ ತಾನು 23ರ ತೂಕ ವುಳ್ಳದ್ದು. ($_{11}Na^{23}$) ಇದರ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯ $_{11}Na^{24}$ ತಾನು ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯವಿದ್ದ ಇದನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಉಪ್ಪನ್ನು ಸೇವಿಸಿದ ಮನುಷ್ಯನಲ್ಲಿ ಇದರ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಹೊರಗಿನಿಂದಲೇ ಸುಲಭ ವಾಗಿ ಗುರುತಿಸಬಲ್ಲೆವು. ಉಪ್ಪು ನೀರಿನ ದ್ರಾವಣವನ್ನು (Saline Injection) ಇಂಜೆಕ್ಷನ್ ಮೂಲಕ ಚುಚ್ಚಿದಾಗ, ಈ ಉಪ್ಪು ಸೋಡಿಯಂ 24 ನ್ನೊಳಗೊಂಡಿದ್ದರೆ, ಈ ದ್ರಾವಣವು ಕೆಲವೇ ನಿಮಿಷಗಳಲ್ಲಿ (ಒಂದು ನಿಮಿಷವೆಂದರೂ ಉತ್ಪ್ರೇಕ್ಷೆಯಲ್ಲ) ರಕ್ತನಾಳಗಳ ಮೂಲಕ ದೇಹವನ್ನೆಲ್ಲಾ ವ್ಯಾಪಿಸುವುದು; ಅಲ್ಲದೆ, ಮತ್ತು ಕೆಲವೇ ನಿಮಿಷಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ವೇದನಾಳಗಳ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುತ್ತಾ ಸ್ವೇದರಂಧ್ರಗಳಿಂದ ಆವಿ ಯಾಗುವುದೂ ಇದೆ. ಇಷ್ಟು ವೇಗದಲ್ಲಿ ಸೋಡಿಯಂ ಮನುಷ್ಯ ದೇಹ ದಲ್ಲಿ ವಿಸರಣ ಹೊಂದುತ್ತದೆ ಎಂದು ತಿಳಿದುದಾದರೂ ಇತ್ತೀಚೆಗೇನೇ ಎಂಬುದನ್ನು ಮರೆಯಬಾರದು. ಸೋಡಿಯಂನ ಈ ಲಕ್ಷಣವೇ ಇದನ್ನು ಹಿಂದಿನವರು ಅತಿಸಾರದಂಥ ಕಾಯಿಲೆಯ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲು ಕಾರಣವೆನ್ನಲಡ್ಡಿಯಿಲ್ಲ. ಚುಚ್ಚಲ್ಪಟ್ಟ ಸೋಡಿಯಂ

ಕೇವಲ 2–3 ನಿಮಿಷಗಳೊಳಗೆ ಎಲ್ಲೆಡೆಯೂ ವ್ಯಾಪಿಸಿ, ರಕ್ತಪರಿಚಲನೆ ಮತ್ತು ಹೃದಯಕಾರ್ಯಗಳನ್ನು ಸ್ಥಿರಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ. ಉಪ್ಪು ಮನುಷ್ಯನಿಗೆ ತೀರ ಆವಶ್ಯಕವೆಂಬುದನ್ನು ಹಿಂದಿನವರು—ಅವರು ವೈದ್ಯರೇ ಇರಲಿ—ಅರಿತಿದ್ದರೂ, ಇದು ಎಷ್ಟು ಶೀಘ್ರವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಬೀಳಬಲ್ಲುದು ಎಂಬುದನ್ನರಿತುಕೊಂಡುದು ರೇ. ಸೋಡಿಯಂನ ಪರೀಕ್ಷಾನಂತರವೇ.

ದೇಹದೊಳಗೆ ಚುಚ್ಚಲಾದ ರೇ. ಸೋಡಿಯಂ ದೇಹದೊಳಗಿನ ರಕ್ತನಾಳಗಳಲ್ಲಿ ಸರಾಗವಾಗಿ ಹರಿಯದೆ ಎಲ್ಲಾದರೂ ತಡೆಯಲ್ಪಟ್ಟಾಗಲೂ ಇದನ್ನರಿತುಕೊಳ್ಳುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಒಬ್ಬ ಮನುಷ್ಯನು ಕೆಳಗೆ ಬಿದ್ದು ಅವನ ರಕ್ತನಾಳಗಳು ಜಜ್ಜಿಹೋಗಿವೆ. ಅಲ್ಲಿ ಒಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ರಕ್ತಸಂಚಾರವು ಸುಗಮವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಇಂತಹ ಭಾಗಗಳಲ್ಲೆಲ್ಲ ರಕ್ತಸಂಚಾರವು ಸ್ಥಗಿತವಾಗುತ್ತ ರಕ್ತದಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ರೇಡಿಯೋ ಸೋಡಿಯಂ ಕೂಡ ಹಾಗೆಯೇ ಕಲೆತುಬಿಡುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಹೊರಗಿನಿಂದಲೇ ತಿಳಿಯಲು ಬರುತ್ತದೆ. ಕೆಲವೊಮ್ಮೆ ದೇಹದ ಭಾಗಗಳನ್ನು ಕಡಿಯುವಂಥ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲೂ ಈ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ರಕ್ತದ ಸಂಚಾರವು ಕ್ರಮದಲ್ಲಿದೆಯೇ ಎಂದರಿತುಕೊಳ್ಳಲು ರೇ. ಸೋಡಿಯಂನ್ನು ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸಹತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ಈ ವಿಚಾರವನ್ನಂತೂ ಬಹಳ ಕ್ಷಿಪ್ರವಾಗಿಯೂ ರೇಡಿಯೋ ಸೋಡಿಯಂ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಸುತ್ತದೆ. ಹಿಂದೆ ಅನುಮಾನದಿಂದಲೇ ಈ ವಿಚಾರವನ್ನರಿತುಕೊಳ್ಳುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿತ್ತು. X ಕಿರಣಗಳಿಗೂ ಪಾರದರ್ಶಕವಾದ ರಕ್ತನಾಳಗಳ ರಹಸ್ಯವನ್ನು ಹೊರಗಿನಿಂದ ಅರಿತುಕೊಳ್ಳುವುದು ದುಸ್ಸಾಧ್ಯವಿದ್ದರೂ, ರೇಡಿಯೋ ಸೋಡಿಯಂ ಮತ್ತು ಗೀಗರ್ ಮುಲ್ಲರ್ ಮಾಪಕಗಳ ಉಪಯೋಗದಿಂದ 2– ನಿಮಿಷಗಳೊಳಗೆ ಇದನ್ನು ತೀರ್ಮಾನಿಸಲು ಬರುತ್ತಲಿದೆ.

ದೇಹದೊಳಗೆ ಕಿಡು (wart) ಗಳ ಸ್ಥಾನನಿರ್ದೇಶ

ಹಿಂದೆ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿರುವ ರೇಡಿಯೋ ಐಯೋಡಿನ್‌ನಿಂದ ಇನ್ನೊಂದು ಉಪಕಾರವೂ ಆಗುತ್ತಲಿದೆ. ತಲೆಯೊಳಗೆ ಚಿಕ್ಕ ಕಿಡು (wart)

ಪೊಂದಿದೆ ಎನ್ನಿರಿ. ತಲೆಯನ್ನು ದಪ್ಪನಾದ ಎಲಬು ಮುಚ್ಚಿರುವ ಕಾರಣ ಇದರ ಸ್ಥಾನ ನಿರ್ಧಾರವಾಗಲೀ ಚಿಕಿತ್ಸೆಯಾಗಲೀ ಕಷ್ಟವೇ. ಒಂದು ಪಕ್ಷ ಇದರ ಇರವನ್ನು ತೀಕ್ಷ್ಣ X ಕಿರಣಗಳಿಂದ ಗುರುತಿಸಲಾದರೂ ಇದರ ಚಿಕಿತ್ಸೆಗೆ, ಮುಖ್ಯ ಶಸ್ತ್ರಚಿಕಿತ್ಸೆಗೆ ಇದರ ನಿಖರವಾದ ಸ್ಥಾನ ನಿರ್ದೇಶವು ಕಾರಣ. ತಲೆಯನ್ನೊಡೆದು (ಸಿಗಿದು) ಶಸ್ತ್ರಚಿಕಿತ್ಸೆ ಮಾಡಲು ಆದಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಭಾಗವನ್ನೇ ಕೊರೆಯತಕ್ಕುದು, ಇಲ್ಲವೇ ಅತಿ ಕಡಮೆ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಎಲಬುಗಳ ಹಿಡಿತವನ್ನು ಸಡಲಿಸಿ ಇವನ್ನು ಭೇದಿಸತಕ್ಕುದು. ಇದೀಗ ಇಂಥ ಕಿಡುಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು ರೇಡಿಯೋ ಅಯೋಡಿನನ್ನು ಬಳಸುತ್ತಾರೆ. ಇದಕ್ಕಿಂತಲೂ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ರೇಡಿಯೋ ಅಯೋಡಿನ್‌ನ್ನು ಪಡೆದಿರುವ ಡೈಯಿಡೊ ಫ್ಲೋರೆಸಿನ್ ಎಂಬ ಮದ್ದನ್ನು ರಕ್ತದೊಡನೆ ಬೆರಸುತ್ತಾರೆ. ಆಗಲೂ ರಕ್ತದಲ್ಲಿನ ರೇಡಿಯೋ ಅಯೋಡಿನನ್ನು ಈ ಕಿಡುವು ಹೀರುತ್ತದೆ: ಇಲ್ಲೇ ಆ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯವು ಸಂಚಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಹೊರಗಿನಿಂದಲೇ ಇದನ್ನು—ಇದರ—ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ನಾವು ಪರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು. ಮುಂದೆ ಈ ಭಾಗಕ್ಕೆ ತಕ್ಕ ತೀಕ್ಷ್ಣತೆಯ ಗಾಮಾಕಿರಣಗಳಿಂದಲೋ ಇಲ್ಲವೇ ಶಸ್ತ್ರಚಿಕಿತ್ಸೆಯಿಂದಲೋ ಈ ಕಿಡುವನ್ನು ತೆಗೆಯಬಹುದು.

ಇಂಥ ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ರಂಜಕ 32ನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ರಂಜಕ 23ರ ವಿಕೀರ್ಣಗಳಿಂದ ಚಿಕಿತ್ಸೆಯೂ ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ರೇಡಿಯೋ ಬೊರೋನ್

ಬೊರೋನ್ 10 ಇಲ್ಲವೇ ರೇಡಿಯೋ ಬೊರೋನ್ ದೇಹದೊಳ ಮಗ್ಗುಲಲ್ಲಿ ತೋರುವ ಬಾವುಗಳ ಸ್ಥಾನ ನಿರ್ದೇಶನದಲ್ಲಿ ಸಹಕಾರಿಯಾಗಬಲ್ಲ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯ. ರೇಡಿಯೋ ರಂಜಕ 32 ಮತ್ತು ರೇಡಿಯೋ ಅಯೊಡಿನ್ 131 ಇವೆರಡಕ್ಕಿಂತಲೂ ಇದು ಹೆಚ್ಚಿನ ಉಪಕಾರವನ್ನೆಸಗುತ್ತಲಿಪೆ. ಪರಮಾಣು ಪ್ರತಿವರ್ತಕಗಳಿಂದ ಪಡೆದ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು

ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೋರೋನ್‌ನ್ನು ಹೊಳೆಯುವಂತೆ ಮಾಡಿದಾಗ ಬೋರೋನ್ 10 ಲಭಿಸುತ್ತದೆ. ಇದು ಬಾವುಗಳ ಸುತ್ತಲೂ ಹೋಗಿ ನೆಲಸುವ ಗುಣವುಳ್ಳದು. ಕಾರಣ, ಒಳಗಿನ ಬಾವುಗಳ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಗುರುತಿಸಲು ಬರುತ್ತದೆ. ಇನ್ನು ಇವುಗಳನ್ನು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು ಪುನಃ ಹೊಡೆದಾಗಲೂ ತೀಕ್ಷ್ಣ ಗಾಮಾಕಿರಣಗಳು ಅಲ್ಲಿಂದ ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುತ್ತಾ ಸುತ್ತಲಿನ ಭಾಗವನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಸುಟ್ಟುಬಿಡುತ್ತವೆ. ಇಷ್ಟೇ ಜಾಗದಲ್ಲಿ ಇಂಥ ಗಾಮಾಕಿರಣಗಳು ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾಗುವುವೇ ವಿನಾ ಇನ್ನಾವ ಭಾಗಕ್ಕೂ ಇವುಗಳಿಂದ ಹಾನಿ ತಟ್ಟದು. ಹೀಗೆ ಈ ವಿಧಾನವು ಅತ್ಯಂತ ಯಶಸ್ವಿಯೆನಿಸಿದೆ. ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಬಹಳ ಕಾಲ ಹಸಿಯಾಗಿ ಉಳಿಯುವ ವ್ರಣಗಳನ್ನು ಚಿಕಿತ್ಸೆಗೊಳಿಸಲೂ ಇದೇ ಕ್ರಮವನ್ನು ಬಳಸುತ್ತಲಿದ್ದಾರೆ.

ರೇಡಿಯೋ ಅಯೋಡಿನ್ ಕಿಡುಗಳ ಸ್ಥಾನ ನಿರ್ದೇಶದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗವಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದೆನಲ್ಲವೆ? ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಈ ಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿ ಇದಕ್ಕಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚು ಉಪಯುಕ್ತವೆನಿಸಿದ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯವೇ ರೇಡಿಯೋ ಆರ್ಸೆನಿಕ್ 74. ಇದು ಪಾಸಿಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹೊರಹೊಮ್ಮಿಸುವ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯವಾಗಿದ್ದು, ಪಾಸಿಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ತಟಸ್ಥವಾಗುವಾಗ ಗಾಮಾಕಿರಣಗಳೂ ಸೃಷ್ಟಿಯಾಗುತ್ತಾ ಇವು ಕಿಡುಗಳ, ಬಾವುಗಳ ಚಿಕಿತ್ಸೆಗೆ ನೆರವಾಗಬಲ್ಲುವು.

ವಸಡು, ಹಲ್ಲುಗಳ ಪರೀಕ್ಷೆ

X ಕಿರಣಗಳು ವಸಡು ಮತ್ತು ಹಲ್ಲುಗಳ ಚಿತ್ರಗಳನ್ನೇನೋ ಒದಗಿಸಬಲ್ಲುವು. ಇಂಥ ಊನಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು ಚಿಕ್ಕ ಚಿಕ್ಕ ಫಿಲ್ಮುಗಳನ್ನು ಅಲ್ಲಲ್ಲೇ ಉಪಯೋಗಿಸಿ X ಕಿರಣಗಳಿಂದ ಸಮ್ಯಕ್ ಮತ್ತು ಸ್ಪಷ್ಟವಾದ ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸುವ ವಾಡಿಕೆಯು ಇದೆ. ಆದರೆ ಇದೀಗ ಥೂಲಿಯಂ 170 ಎಂಬ ರೇಡಿಯೋ ಆಕ್ಟಿವ್ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯವು ಮೇಲಿನ

ವಿಧಾನಕ್ಕಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಶಸ್ತವೆನಿಸಿದೆ. ಇದನ್ನು ಸುಮಾರು 0·7 ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ದಪ್ಪದ ಸೀಸದ ಹಾಳೆಯೊಳಗಿಟ್ಟು ಗಾಮಾಕಿರಣಗಳ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಅವಶ್ಯಮಟ್ಟಕ್ಕಿಳಿಸಿಕೊಂಡು ಒಮ್ಮೆಲೇ ವಸಡಿನ ಮತ್ತು ಎಲ್ಲಾ ಹಲ್ಲುಗಳ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಪಡೆಯಬಲ್ಲೆವು ಇದರ ಉಪಯೋಗದಿಂದ ಏಕಕಾಲದಲ್ಲೇ ಎಲ್ಲ ಹಲ್ಲುಗಳ ಚಿತ್ರವನ್ನೂ ಪಡೆಯಬಲ್ಲೆವು; ಮಾತ್ರ ವಲ್ಲದೆ ಇಂಥ ಕ್ಷೀಣ ಕಿರಣಗಳಿಂದ ಹಾನಿಯೂ ತಟ್ಟುವಂತಿಲ್ಲ.

ಕೈಕಾಲುಗಳ ಚಿತ್ರಣದಲ್ಲೂ ಈ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯವು ನೆರವಾಗುತ್ತಲಿದೆ. ವಿವರದ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ತುಸು ಕ್ಷೀಣವಾಗಿರಬಹುದಾದರೂ ಇದು ಅತ್ಯಲ್ಪ ವೆಚ್ಚದಿಂದ ಸಿಗುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಲೂ ಥೂಲಿಯಂ 170 ಚಿತ್ರಗಳು ಜನಾದರಣೆಯನ್ನು ಪಡೆಯಹತ್ತಿವೆ.

ರೇಡಿಯೋ ರಂಜಕ ಮತ್ತು ಕ್ಯಾಲ್ಸಿಯಂ

ಇವನ್ನು ಎಲುಬು ಮತ್ತು ಮಜ್ಜಾಸಂಬಂಧವಾದ ಕ್ಯಾನ್ಸರ್‌ನ ಚಿಕಿತ್ಸೆಗಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಹತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ಎಲುಬುಗಳೊಳಗೆ, ಮಜ್ಜೆಯಲ್ಲಿ ವ್ರಣವೋ, ಕಿಡುವೋ, ಬಾವು ಮೊದಲಾದುವೋ ಕಂಡುಬಂದರೆ ಇವುಗಳ ಚಿಕಿತ್ಸೆಗೆ X ಕಿರಣ, ಗಾಮಾಕಿರಣಗಳನ್ನು ಹೊರಗಿನಿಂದ ಉಪಯೋಗಿಸುವುದು ಯಶಸ್ಸಿಗಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಹಾನಿಯನ್ನೇ ಒದಗಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳ ಉಪಯೋಗದಿಂದ ಇಂಥ ಚಿಕಿತ್ಸೆಯು ಫಲಪ್ರದವಾಗಿದೆ.

ರಕ್ತದ ಕೆಂಪು ಕಣಗಳು ತಮ್ಮಷ್ಟಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚುತ್ತಲೇ ಹೋಗುವ ಪಾಲಿಥೀಮಾ ವೀರಾ (polythema vera) ಎಂಬ ಕಾಯಿಲೆಯನ್ನು ರೇಡಿಯೋ ರಂಜಕ 32ರಿಂದ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಗುಣಪಡಿಸಲಾಗಿದೆ.

ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನೇ ಏತಕ್ಕೆ ಬಳಸುತ್ತೇವೆ ?

ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಅರ್ಬುದದ ಚಿಕಿತ್ಸೆಯಲ್ಲಿ X ಕಿರಣ ಗಾಮಾಕಿರಣ

ಗಳಿಗಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ – ಎಂದರೆ ರೇಡಿಯಂನಿಂದ ಹೊರಹೊಮ್ಮುವ ಗಾಮಾಕಿರಣಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದಕ್ಕಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ—ಯಾವುದಾದರೂ ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಕ್ರಮವು ಬಳಕೆಗೆ ಬಂದಿರುತ್ತದೆ. ಇದೇಕೆ ? ರೇಡಿಯಂನಂಥ ನೈಸರ್ಗಿಕ ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಧಾತುಗಳು ಬಹಳ ವಿರಳವಾಗಿವೆ. ಎಂತಲೇ ಇವು ಬಹಳ ಬೆಲೆಯುಳ್ಳವುಗಳು. ಇದು ಒಂದೇ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ ಎಲ್ಲ ರಾಷ್ಟ್ರಗಳಲ್ಲೂ, ಪ್ರಪಂಚದ ಎಲ್ಲ ಆಸ್ಪತ್ರೆಗಳಲ್ಲೂ ರೇಡಿಯಂ ಸೂಜಿಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗಲಾರದು. ಗ್ರಾಂ 1ರ ರೇಡಿಯಂನ ಬೆಲೆ 1 ಲಕ್ಷ ರೂಪಾಯಿಗಳನ್ನೂ ಮಿಗುತ್ತಲಿದೆ. ಇಷ್ಟು ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ ಇಂಥ ರೇಡಿಯಂನಿಂದ ಹೊರಹೊಮ್ಮುವ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ನಾವು ಅವಶ್ಯವಿರುವಷ್ಟೇ ಜಾಗದ ಮೇಲೆಯೂ ಹಾಯಿಸಲಾರೆವು. ಇಂಥ ಸೂಜಿಯಿಂದ ಹೊರಹೊಮ್ಮುವ ಕಿರಣಗಳ ಪುಂಜವು ನಿಶ್ಚಿತ ತೀವ್ರತೆಯದು ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ, ಇದನ್ನು ಸಪುರಗೊಳಿಸಲು, ಇಲ್ಲವೆ ಅಗಲಿಸಲು ಸ್ವಲ್ಪ ಜಟಿಲ ಸನ್ನಿವೇಶವು ಅತ್ಯಗತ್ಯವೆನಿಸುತ್ತದೆ. ನಮ್ಮ ಇಚ್ಛೆಗನುಸಾರವಾಗಿ ಕಂಬಿಗಳನ್ನು ನಾವು ಸಪುರಗೊಳಿಸಲಾರೆವು, ಅಗಲಿಸಲಾರೆವು. ಕೋಬಾಲ್ಟ್ 60 ರಿಂದ ವಿಕೀರ್ಣಹೊಂದುವ ಗಾಮಾಕಿರಣಗಳೂ ರೇಡಿಯಂನ ಗಾಮಾವಿಕೀರ್ಣಗಳಷ್ಟೇ ತೀಕ್ಷ್ಣವಾಗಿವೆ, ತೀವ್ರವೂ ಆಗಿವೆ. ಇದರ ಬೆಲೆಯು ಗ್ರಾಂ 1ರ 300 ರೂಪಾಯಿಗಳು ಹೀಗೆ ಇದು ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಬಹಳ ಅಗ್ಗ ಬೆಲೆಗೆ ಸಿಗತಕ್ಕ ಮತ್ತು ರೇಡಿಯಂನಷ್ಟೇ ಉಪಯುಕ್ತ ಸಾಧನ. ಇನ್ನು ರೇಡಿಯಂನ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು 1620 ವರ್ಷಗಳು. ಕೋಬಾಲ್ಟ್ 60 ರ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು 5$\frac{1}{4}$ ವರ್ಷಗಳಷ್ಟು. ಇಷ್ಟುಮಾತ್ರವೇ ಅಲ್ಲ, ಕೋಬಾಲ್ಟ್ 60 ರ ಸೂಜಿಗಳನ್ನು ಬೇಕಾದಷ್ಟೇ ಚೂಪಾಗಿ ಪಡೆಯಬಹುದು. ಬಹಳ ಸಪುರವಾದ ಗಾಮಾಕಿರಣಗಳ ಕಂಬಿಗಳನ್ನೂ ನಾವುಪಡೆದು ಬೇಕಾದಲ್ಲಿ, ಅದು ಅತ್ಯಲ್ಪ 'ಬಿಂದು ಗಾತ್ರದ' ಜಾಗವೇ ಇರಲಿ, ಅದರ ಮೇಲೂ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಒಂದು ಉದಾಹರಣೆಯನ್ನು ಗಮನಿಸಿರಿ: ದವಡೆಯ ಮೇಲೆ, ಹಲ್ಲುಗಳ ಎಡೆಯಲ್ಲಿ ಕ್ಯಾನ್ಸರ್ ಇದೆ ಎನ್ನಿರಿ. ಇದನ್ನು ಸುಡಲು ಬಹಳ ಅಗಲ ಕಿರಿದಾದ ಗಾಮಾಕಿರಣಗಳ

ಕಾರ್ಯವು ಅತ್ಯಗತ್ಯ. ಇಲ್ಲದೆ ಹೋದರೆ ಊನವಿಲ್ಲದ ಜಾಗದ ಮೇಲೂ ಕಿರಣಗಳು ಬಿದ್ದು ಅಲ್ಲಿ ಈ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ ಕ್ಯಾನ್ಸರ್‌ನಂಥ ಊನವು ತಲೆದೋರಬಹುದು. ಆದರೆ ಕೋಬಾಲ್ಟ್ 60 ರಿಂದ ಹೊರಹೊಮ್ಮುವ ಚೂಪಾದ ಕಂಬಿಯು ಅವಶ್ಯವಿರುವ ಜಾಗದ ಮೇಲೆ ಮಾತ್ರ ಬಿದ್ದು ಫಲಕಾರಿಯಾಗುವುದು, ಮಾತ್ರವಲ್ಲ ಊನವಿರುವ ಜಾಗದ ಸುತ್ತಲೂ ಮುಂದೆ ಗೌಣ ಕ್ಯಾನ್ಸರ್ ತಲೆದೋರುವ ಸಂಭವವಿಲ್ಲ.

ಮೃದ್ವಸ್ಥಿ (cartilage) ಮತ್ತು ಮಜ್ಜೆಗಳೊಳಗಿನ ಬಾವು, ವ್ರಣ ಮತ್ತು ಕಿಡುಗಳನ್ನೋ ಇಲ್ಲವೇ ಮಜ್ಜೆಯಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ಅರ್ಬುದವನ್ನೋ ಚಿಕಿತ್ಸೆಗೊಳಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಕೋಬಾಲ್ಟ್ 60ರ ಸೂಜಿಗಳೇ ಹೆಚ್ಚು ಫಲಕಾರಿಯಾಗಿವೆ, ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ರಷ್ಯಾ ಮತ್ತು ಅಮೇರಿಕಾ ದೇಶದ ತಜ್ಞರು ಇಷ್ಟರಲ್ಲೇ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ್ದಾರೆ.

ಲ್ಯುಕೇಮಿಯಾ (Leukemia) ಎಂಬ ಕಾಯಿಲೆಯೊಂದಿದೆ. ಇದರ ಪೀಡಿತನೊಬ್ಬನಲ್ಲಿ ರಕ್ತದಲ್ಲಿನ ಬಿಳಿಯ ರಕ್ತಕಣಗಳೇ ವೃದ್ಧಿಯಾಗುತ್ತಾ, ರಕ್ತದ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಕೆಂಬಣ್ಣವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು. ರೋಗಿ ನಿಸ್ತೇಜನಾಗುತ್ತಾನೆ. ಇಂದು ಇದರ ಚಿಕಿತ್ಸೆಗೆ ರೇಡಿಯೋ ರಂಜಕ 32ನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇಂಥ ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು ವರ್ಷದ ಹಿಂದೆ ಇದನ್ನು ಚಿಕಿತ್ಸೆಗೊಳಿಸುವುದು ಅಸಾಧ್ಯವೇ ಆಗಿತ್ತು. ಇಂದು ಇದನ್ನು ರೇಡಿಯೋ ರಂಜಕವು ವಾಸಿ ಮಾಡಹತ್ತಿದೆ.

ಇತರ ಉಪಯೋಗಗಳು

ದೇಹದೊಳಗೆ ಎಲ್ಲಾದರೂ ದಪ್ಪ ಚರ್ಮದ ರಕ್ಷೆಯುಳ್ಳ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಕಿಡುಗಳೋ, ಬಾವುಗಳೋ ಇದ್ದರೆ, ಇವು ಬಹಳ ಕಾಲದತನಕವೂ ವಾಸಿಯಾಗದಂತಿದ್ದರೂ ಇದೀಗ ರೇಡಿಯೋ ಆಕ್ಟಿವ್ ಬಂಗಾರ 98 ಮತ್ತು ಯುಟ್ರಿಯಂ 90 ನ್ನು ಇಂಥ ಊನಗಳ ಚಿಕಿತ್ಸೆಯಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ

ಹೇಂಟೆಗಳು ಮೊಟ್ಟೆ ಇಡುವಾಗಲೂ ಈ ಮೊಟ್ಟೆಗಳ ರಚನೆಗೆ ಎಂಥ ಆಹಾರಾಂಶಗಳು ಅವಶ್ಯ ಎಂದರೆ ಮೊಟ್ಟೆಗಳ ಭ್ರೂಣಭಾಗದಲ್ಲಿ ಎಂದು ಸ್ವೀಕರಿಸಿದ ಆಹಾರವು ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿದೆ? ಭಿತ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಎಂದು ಸ್ವೀಕರಿಸಿದ ಆಹಾರವು ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿದೆ; ಕೆಲವೇ ದಿನಗಳ ಹಿಂದೆ ಸ್ವೀಕರಿಸಿದ ಆಹಾರದಲ್ಲಿನ ಅಂಶಗಳು ಭಿತ್ತಿಯ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಕಂಡು ಬರುತ್ತವೆ, ಸುಮಾರು 1 ತಿಂಗಳ ಹಿಂದೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಆಹಾರಾಂಶಗಳು ಭ್ರೂಣದ ರಚನೆಗೆ ಕಾರಣವಾಗಿವೆ. ಈ ವಿಚಾರವಾದರೂ ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ತಿಳಿದುಬಂದುದು ಇತ್ತೀಚೆಗೆ.

ಪ್ರಾಣಿಶರೀರಶಾಸ್ತ್ರಾಧ್ಯಯನದಲ್ಲಿ, ಆರೋಗ್ಯ ಭಾಗದಲ್ಲಿ, ರೋಗ ನಿದಾನ, ಚಿಕಿತ್ಸಾಕ್ರಮಗಳಲ್ಲೆಲ್ಲ ಇಷ್ಟರಲ್ಲೇ ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು ನೆರವಾಗುತ್ತಲಿವೆ; ಇದೀಗ ನೂರುಗಟ್ಟಲೆ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು ತಯಾರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದು, ಮುಂದೆ ಮತ್ತೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಇಂಥವು ಮಾನವನ ಬದುಕಿನಲ್ಲಿ, ಸಸ್ಯಗಳ ಸುಧಾರಣೆಯಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಬೀಳಲಿವೆ.

ಅಧ್ಯಾಯ ೧೧

ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳ ವಿವಿಧ ಕಾರ್ಯಗಳು

ಇಷ್ಟರತನಕ ಜೀವಕಾರ್ಯಗಳಲ್ಲಿ, ಉದ್ಯಮಗಳಲ್ಲಿ ರೇಡಿಯೋ ಐಸೋಟೋಪುಗಳು ಎಂಥ ನೆರವನ್ನೀಯುತ್ತಲಿವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದೆವು. ಈಗ ಆ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸದೆ ಇರುವ ಹಲವು ವಿಚಾರಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸುವ.

ಪೈಪುಗಳಲ್ಲಿ ದ್ರವದ ಹರಿವಿಗೆ ತಡೆ ಎಲ್ಲಿ ?

ನೆಲದಡಿ ಉದ್ದಕ್ಕೂ ನೀರನ್ನೋ ಎಣ್ಣೆಯನ್ನೋ ಒಯ್ಯುವಂತೆ ಇಡಲಾದ ಪೈಪುಗಳಲ್ಲಿ ದ್ರವದ ಹರಿವಿಗೆ ತಡೆಯಾಗುವುದು ಇದೆ. ಇದನ್ನೂ ತಕ್ಕ ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳ ನೆರವಿನಿಂದ ಗೊತ್ತು ಹಚ್ಚಬಹುದು. ಹೇಗೆ ?

ಪ್ರವಹಿಸುವ ದ್ರವದಲ್ಲಿ ಕೋಬಾಲ್ಟ್ 60ನ್ನು ಹರಿಯಗೊಟ್ಟರೆ ಇದು ನೀರಿನೊಡನೆ ಹರಿಯುವುದನ್ನು ನೆಲದ ಮೇಲಿಂದಲೂ ಗೀಗರ್ ಮುಲ್ಲರ್ ಮಾಪಕವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಗೊತ್ತುಹಚ್ಚಬಹುದು. ಪ್ರವಾಹವು ತಡೆಯಲ್ಪಟ್ಟಲ್ಲೇ ಈ ಅಂಕಿತ ಧಾತುಗಳು ನಿಂತು ಅಲ್ಲೇ ಇವುಗಳ ಸದ್ದು ತೀವ್ರವಾಗಿ ಕೇಳಬಹುದೇ ವಿನಾ, ಅಲ್ಲಿಂದ ಮುಂದೆ ಇಂಥ ಸದ್ದು ಕೇಳಲಾರದು. ಕೆಲವೇ —ಕೈಬೆರಳೆಣಿಕೆಯ— ಅಂಕಿತ ಪರಮಾಣುಗಳು ಒಂದಡೆ ಕಲೆತು ನಿಂತರೂ ಇದನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು ಬರುತ್ತದೆ. ಇಂಥಲ್ಲಿ ದೋಷವಿದೆ, ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ತಡೆಯಾಗಿದೆ ಎಂದು ತಿಳಿದು ಅಷ್ಟೇ ಜಾಗದಲ್ಲಿ ಈ ಪಿಪಾಯಿಗಳನ್ನಗೆದು ಊನಗಳನ್ನು ಸರಿಪಡಿಸಬಹುದು.

ಪೈಪುಗಳಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ಪ್ರಪ್ರತ್ಯೇಕ ದ್ರವಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸುವಿಕೆ

ಕೆರೊಸಿನ್, ಡೀಸಲ್, ಪೆಟ್ರೋಲ್ ಮುಂತಾದ ಎಣ್ಣೆಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಕೊಳವೆಗಳನ್ನಿರಿಸುವ ಬದಲು, ಅನೇಕ ವೇಳೆ ಒಂದೇ ಕೊಳವೆಯ ಮೂಲಕ ಇವೆಲ್ಲವನ್ನೂ ಸಾಗಿಸುವುದಿದೆ. ಎಂದರೆ, ಒಂದೇ ಕೊಳವೆಯ ಮೂಲಕ ಒಂದರ ನಂತರ ಒಂದು ದ್ರವವನ್ನು ತಳ್ಳಿಕೊಡು(pump)ತ್ತಾರೆ. ದ್ರವದ ವೇಗ ಮತ್ತು ಇಂಥ ದ್ರವವೇ ಕೊಳವೆಯ ಮೂಲಕ ಒಂದೆಡೆ ಸಾಗುತ್ತಲಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಹೊರಗಿನಿಂದಲೇ ಪರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು. ಸಾಮಾನ್ಯ ವಿಧಾನಗಳಿಂದಲೂ ಇವನ್ನೇನೋ ನಿಶ್ಚಯಿಸಬಹುದು. ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಇಂಥ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ದ್ರವಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಸ್ತಂಭಗಳಲ್ಲಿ—ಕಡಾಯಿಗಳಲ್ಲಿ–ಕೂಡಿಡುವುದು ಆವಶ್ಯಕವಿರುವ ನಿಮಿತ್ತ ಇವನ್ನು ಹೊರಗೆ ಸಂಗ್ರಹಿಸುವಲ್ಲಿ ತಕ್ಕ ಸಮಯದಲ್ಲೇ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಕಡಾಯಿಗಳನ್ನು ಸಿದ್ಧಗೊಳಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರ್ಯವು ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳ ಉಪಯೋಗದಿಂದ ಬಹಳ ಸುಲಭವೆನಿಸಿದೆ.

ಒಂದು ದ್ರವದಲ್ಲಿ ಒಂದು ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯದಂತೆ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ದ್ರವಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ರೇಡಿಯೋ ಬ್ರೊಮಿನ್ 82, ರೇಡಿಯೋ ಆಂಟಿಮನಿ 124, ಇತ್ಯಾದಿಗಳನ್ನು ದ್ರವಗಳಲ್ಲಿ ತೇಲಗೊಟ್ಟು ಇವುಗಳ ವಿಕೀರ್ಣಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಿ ಹೊರಗಿನಿಂದಲೇ ಎಂಥ ದ್ರವವು ಹರಿಯುತ್ತಲಿದೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಕಾರಣಾಂತರದಿಂದ ಎರಡು ಬಗೆಯ ದ್ರವಗಳು ಬೆರೆತರೂ ಇಂಥ ದೋಷವನ್ನು ಹೊರಗಿನಿಂದಲೇ ಗೊತ್ತುಹಚ್ಚಬಹುದು.

ಇನ್ನೂ ಒಂದು ವಿಧಾನದಿಂದ ಈ ಕಾರ್ಯವನ್ನೆಸಗಬಹುದು. ಪೈಪಿನ ಒಂದು ತುದಿಯಲ್ಲಿ ಗಾಮಾವಿಕೀರ್ಣವನ್ನು ವಿಕಿರಣಗೊಳಿಸುವ ಒಂದು ಧಾತುವನ್ನು ಇಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಹರಿಯುವ ದ್ರವವು ತನ್ನ ಸಾಂದ್ರತೆಗನುಗುಣವಾಗಿ ಪ್ರಪ್ರತ್ಯೇಕ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಇಂಥ ಗಾಮಾಕಿರಣಗಳನ್ನು ಹೀರುತ್ತದೆ; ಇದನ್ನು ಹೊರಗಿನಿಂದಲೇ ತಕ್ಕ ಮಾಪಕದಿಂದ ಗೊತ್ತು

ಹೆಚ್ಚಬಹುದು. ಅಥವಾ, ಅವಶ್ಯವಿದ್ದಾಗ ಪೈಪಿನ ಆಚೆ ತುದಿಯಲ್ಲಿಡಲಾದ ಗಾಮಾಕಿರಣವನ್ನು ಹೀರುವ ಮಾಪಕವು ಎಂಥ ದ್ರವವು ಅಲ್ಲಿಯ ತನಕ ಹರಿದು ಬಂದಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ತಿಳಿಸಬಲ್ಲುದು.

ಪೈಪುಗಳಲ್ಲಿ ನೀರು ಸೋರುವಿಕೆ

ನೀರನ್ನೊಯ್ಯುವ ಪೈಪುಗಳಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲಾದರೂ ತೂತುಗಳಿದ್ದರೆ, ಇವು ಎಷ್ಟು ಚಿಕ್ಕವೇ ಆಗಿದ್ದರೂ ನೀರಿನ ನಷ್ಟಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾಗುತ್ತದೆ. ಇಂಥ ರಂಧ್ರಗಳಾದರೋ ಪೈಪುಗಳನ್ನು ಜೋಡಿಸುವಲ್ಲಿಯೂ ಇರಬಹುದು. ಉಳಿದ ಭಾಗಗಳಲ್ಲೂ ಇರುವುದು ಸಾಧ್ಯವೇ. ನೀರು ಎಲ್ಲಿ ಸೋರಿ ಹೋಗುತ್ತದೆಂಬುದರ ನಿರ್ಣಯಕ್ಕೆ ರೇಡಿಯೋ ಸೋಡಿಯಂ 24ನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ಇದು ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಹರಿಯುತ್ತಾ ರಂಧ್ರಗಳ ಮೂಲಕ ನೀರು ಹೊರಗೆ ಸೋರುವೆಡೆಯಲ್ಲಿ ಸಂಚಿತಗೊಳ್ಳುವುದು; ಅಲ್ಲೇ ನೆಲದಮೇಲೆ ಪೈಪಿನ ಉದ್ದಕ್ಕೂ ಸಾಗಿಸಲಾದ ಗೀಗರ್ ಮುಲ್ಲರ್ ಮಾಪಕವು ಎಲ್ಲಿ ಇಂಥ ರೇಡಿಯೋ ಸೋಡಿಯಂ ನೆಲಸೇರಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಗುರುತಿಸುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಲೇ ಅಗೆದು ಪೈಪನ್ನು ದುರಸ್ತಿಗೊಳಿಸಬಹುದಾದ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಸುಗಮವಾಗಿ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ರೇ. ಸೋಡಿಯಂನ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು 15 ಗಂಟೆಗಳಷ್ಟು; ಕಾರಣ, ಇದು ತಾನು ಅತ್ಯಂತ ತೀಕ್ಷ್ಣ ಗಾಮಾಕಿರಣಗಳನ್ನು ಹೊರಕ್ಕೆ ತಳ್ಳುವುದಾದರೂ ಬಹಳ ಕಾಲ ಹಾನಿಪ್ರದವಾಗಲಾರದು. ಪೈಪು ಹಾಳಾದ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಸಂಚಿತವಾದ ಇದು ಹೆಚ್ಚೆಂದರೆ 2–3 ದಿನಗಳ ತನಕ ತನ್ನ ವಿಕಿರಣಕಾರಕತ್ವವನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸಬಹುದು.

ಪೈಪಿನಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ಒಟ್ಟು ನೀರಿನ ಪ್ರಮಾಣ

ಇದನ್ನು ತಕ್ಕ ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳಿಂದ ನಿಶ್ಚಯಿಸಬಹುದು. ನಿಶ್ಚಿತ ಪರಿಮಾಣದ ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಪರಿಮಿತ ಗಾತ್ರದ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಕರಗಿಸಿ, ಪೈಪಿನ ನೀರಲ್ಲಿ ಬೆರೆಸಿ ಬಿಡುತ್ತಾರೆ. ಇದು ಪೈಪಿನ ನೀರಲ್ಲೆಲ್ಲ ವಿಸರಣೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಅನಂತರ ಇದರಲ್ಲಿ

ಒಂದು ಅಂಶವನ್ನು ಪುನಃ ಸಂಗ್ರಹಿಸಿ ಇದರ ವಿಕಿರಣಕಾರಕಾಂಶ ವನ್ನಳೆದರೆ ಪೈಪಿನಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟಿಗೆ ಇದ್ದ ನೀರು ಎಷ್ಟು ಎಂಬುದನ್ನು ಲೆಕ್ಕ ಹಾಕುವುದು ಸುಲಭವೇ. ರಕ್ತದ ಪರಿಮಾಣವನ್ನು ನಿಶ್ಚಯಿಸಿ ದಂತೆಯೇ ಇಲ್ಲಿನ ದ್ರವದ ಒಟ್ಟು ಪರಿಮಾಣವನ್ನು ನಿಶ್ಚಯಿಸಬಹುದು.

ನೆಲದ ಕೆಳಗೆ ಎಷ್ಟು ತಗ್ಗಿನಲ್ಲಿ ನೀರು ಇದೆ

ಇಂಥ ನಿರ್ಣಯದ ಬಗ್ಗೆ ಇಷ್ಟರಲ್ಲೇ ಬ್ರಿಟಿಷ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ರುಬೀಡಿಯಂ 80ನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿರುತ್ತಾರೆ. ಈ ಹಿಂದೆ ಫ್ಲೊರೆಸಿನ್ (Flourescin) ನ್ನು ಬೀರಲ್ಲಿ ಬಳಸಿ ಕೆಳಗೆ ಹರಿಯಗೊಟ್ಟಾಗ ಇದು ನೀರನ್ನು ಕೂಡಿಕೊಂಡಲ್ಲಿ ದ್ರಾವಣವು ದುರ್ಬಲವಾಗುತ್ತದೆಯಷ್ಟೆ. ಇಂಥ ದ್ರಾವಣವನ್ನು ಅತಿ ನೇರಳೆ ಕಿರಣಗಳಿಂದ ಅನುದೀಪ್ತಿಗೊಳಿಸಿ, ಇಂಥಲ್ಲೇ ದ್ರಾವಣವು ದುರ್ಬಲವಾಗಹತ್ತಿದೆ, ಎಂದರೆ ಇಷ್ಟು ಆಳದಲ್ಲೇ ನೀರು ಇದೆ ಎಂಬುದು ಖಚಿತವಾಗುತ್ತಲಿತ್ತು. ಈ ವಿಧಾನವಾದರೋ ಬಹಳ ಕಷ್ಟವೇ ಎಂಬುದರಲ್ಲಿ ಸಂದೇಹವಿಲ್ಲ. ಈಗಲಾದರೋ ನೀರಿನೊಡನೆ ರುಬೀಡಿಯಂ 80 ನ್ನು ಬೆರಸಿ ಕೆಳಗೆ ಕಳುಹಲಾಗುತ್ತದೆ. ನೆಲದಡಿ ನೀರಿನಾಶ್ರಯುವು ದೊರೆತಲ್ಲಿ ದ್ರಾವಣವು ಬಹಳ ತೆಳ್ಳನಾಗುತ್ತದೆ; ಅಲ್ಲದೆ ಆಗ ಇಂಥ ದ್ರಾವಣದ ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ಗುಣವು ಕುಗ್ಗುತ್ತದೆ — ಕ್ಷೀಣ ವಾಗುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲೇ ನೀರು ಇದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ನಿಶ್ಚಯಿಸಬಹುದು. ಈ ಬಗ್ಗೆ ಅವಶ್ಯವಾಗಿ ಮಣ್ಣು ಇಂಥ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಹೀರಬಾರದು; ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಪರಿಶೀಲಿಸಿದಾಗ, ರೇಡಿಯೋ ಅಯೋಡಿನ್ ಕೂಡ ಈ ಬಗ್ಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದಾದ ಉತ್ತಮ ಸಾಧನವಾಗಿದೆ ಎನ್ನಬಹುದು. ಇದು ಮಣ್ಣಿನೊಡನೆ ಬೆರೆಯುವುದಿಲ್ಲ, ಮಾತ್ರವಲ್ಲ ಇದರ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು ಕೇವಲ 8 ದಿನಗಳಷ್ಟು ಮಾತ್ರ. ಆದುದರಿಂದ ಎಂಥ ಹಾನಿಯೂ ತಟ್ಟಲಾರದು.

ನೆಲದ ಛಿದ್ರತೆ

ರೇಡಿಯೋ ಅಯೋಡಿನ್, ರುಬೀಡಿಯಂ ಮೊದಲಾದುವನ್ನು

ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಬೆರಸಿ ಮಣ್ಣಿನಲ್ಲಿ ಇಳಿಯಗೊಟ್ಟು ಈ ಮಣ್ಣಿನಲ್ಲಿ ವ್ಯಾಪಿಸುವ ದ್ರಾವಣದ ರೇಡಿಯೋ ಆಕ್ಟಿವಿಟಿಯನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಿ—ಮುಖ್ಯ – ಆಳೆದಾಗ ಮಣ್ಣಿನಲ್ಲಿ ತುಂಬಾ ಎಡೆಗಳಿವೆಯೇ ? ಇಲ್ಲ, ಮಣ್ಣು ಬಹಳ ದಟ್ಟ ವಾಗಿದೆಯೇ ಎಂದು ಸುಲಭವಾಗಿ ತೀರ್ಮಾನಿಸಬಹುದು. ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಮಣ್ಣುಗಳ ಛಿದ್ರತೆಯ ಪರೀಕ್ಷಾವಿಧಾನಗಳಲ್ಲಿ ಈ ವಿಧಾನವೇ ಅತಿ ಪ್ರಶಸ್ತವೆನಿಸಿದೆ.

ಕೇಬಲುಗಳ ಪರೀಕ್ಷೆ

ವಿಕಿರಣಕಾರಕ ರೇಡಾನ್ ಮತ್ತು ರೇಡಿಯೋ ಬ್ರೋಮಿನ್ 82 ಇವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಹಿಂದೆ ಸೂಚಿಸಿದಂಥ ವಿಧಾನಗಳಿಂದಲೇ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಸಾಗಿಸುವ, ಟೆಲಿಫೋನ್ ಮತ್ತು ಟೆಲಿಗ್ರಾಫ್ ಕೇಬಲುಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ.

ನದಿಯ ಪ್ರವಾಹದಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟು ಮಣ್ಣು ಮುಂದೆ ಸಾಗುತ್ತದೆ ?

ಇದನ್ನು ಇಂದು ರೇಡಿಯೋ ಐಸೋಟೋಪುಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ನಿರ್ಣಯಿಸುತ್ತಾರೆ. ನದಿಯೊಂದರಲ್ಲಿ ಪ್ರವಾಹದೊಡನೆ ಬೆರೆಯುತ್ತಾ, ಪ್ರವಾಹದಿಂದ ಒಯ್ಯಲ್ಪಟ್ಟ, ನದೀಮುಖಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಚಯ ಹೊಂದುವ ಮಣ್ಣಿನ ಪರಿಮಾಣವೆಷ್ಟು ? ಅಲ್ಲದೆ ಸಾಗರವನ್ನು ಸೇರುವ ನದೀ ಮುಖಗಳಲ್ಲಿ ಇಳಿತ ಭರತಗಳಲ್ಲಿ ಉಬ್ಬರವಿಳಿತಗಳು—ಇಂಥ ಮಣ್ಣಿನ ಒಟ್ಟು ಗಾತ್ರವನ್ನು ಹೇಗೆ ಹೆಚ್ಚು ಇಲ್ಲವೆ ಕಡಮೆ ಮಾಡಬಲ್ಲೆವು ಎಂಬ ವಿವರಗಳನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಲು ಸತು 65, ಬೆಳ್ಳಿ 110 ಮತ್ತು ರೇಡಿಯೋ ಕ್ರೋಮಿಯಂಗಳನ್ನು ಮಣ್ಣಿನೊಡನೆ ಬೆರಸಿ ಪರೀಕ್ಷಿಸ ಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇಷ್ಟರಲ್ಲೇ ಇಂಥ ಪರೀಕ್ಷೆಗಳನ್ನು ಥೇಮ್ಸ್ ನದೀಮುಖದಲ್ಲಿ, ಫ್ರಾನ್ಸಿನ ನದಿಗಳ ಮುಖಗಳಲ್ಲಿ ನಡೆಸಲಾಗಿದೆ.

ಸಮುದ್ರ ದಡದಲ್ಲಿ ಮಣ್ಣಿನ ಕೊರೆತ

ಸಮುದ್ರದ ದಡಗಳಲ್ಲಿ ಮಣ್ಣು ಕೊರೆಯಲ್ಪಡುತ್ತಲೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನಳೆಯಲು ಇದೀಗ ರೇಡಿಯೋ ಬೇರಿಯಂ 140ನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ಹಿಂದೆ ಬಣ್ಣ ಚಿಮುಕಿಸಿದ ಚಿಕ್ಕ ಪುಟ್ಟ ಕಲ್ಲು ಹರಳುಗಳು ದಡದಿಂದ ಕೊರೆಯಲ್ಪಟ್ಟು ನದಿ ಪಾತ್ರದಲ್ಲೋ, ಪ್ರವಾಹದಲ್ಲೋ ಸೇರುವುದನ್ನಳೆದು ಇಂಥ ಸಗ್ನೀಕಿರಣವನ್ನು ಅಳೆಯಲಾಗುತ್ತಲಿತ್ತು. ಆದರೆ, ಇಂದು ಮೇಲೆ ಹೇಳಲಾದ ರೇಡಿಯೋ ಐಸೋಟೋಪಿನ ಉಪಯೋಗದಿಂದ ಸಮ್ಯಕ್ ನಿರ್ಣಯವು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ.

ಮಣ್ಣಿನಲ್ಲಿ—ವಿವಿಧ ಮಣ್ಣುಗಳಲ್ಲಿ—ಉಳಿಯುವ ತೇವವೆಷ್ಟು ?

ವಿವಿಧ ರಚನೆಯ ಮಣ್ಣುಗಳಲ್ಲಿ, ಒಂದೇ ಬಗೆಯ ಮಣ್ಣಿನ ವಿವಿಧ ಸಂಸ್ತರಗಳಲ್ಲಿ ನೀರು ಹೇಗೆ ಇಂಗುತ್ತದೆ ? ಎಷ್ಟು ನೀರು ನಿಲ್ಲುತ್ತದೆ ? ಒಂದು ಬಗೆಯ ಮಣ್ಣಿನಲ್ಲಿ ಉಳಿಯುವ ನೀರಿನ ಪಸೆಯೆಷ್ಟು ಎಂಬುದನ್ನೆಲ್ಲ ಅಳೆಯಲು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಬಳಕೆಗೆ ಬಂದಿರುತ್ತವೆ. ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಸಾಕಷ್ಟು ವೇಗವಾಗಿ ಇಂಥ ಸಂಸ್ತರಗಳ ಮೂಲಕ ಹರಿಯಗೊಟ್ಟಾಗ, ಇವು ತಮ್ಮದೇ ಗಾತ್ರವುಳ್ಳ ಹೈಡ್ರೊಜನ್ ಬೀಜಗಳೊಡನೆ ಸಂಧಿಸಿದಲ್ಲೆಲ್ಲ ಮರು ಕಳಿಸುತ್ತವೆ. ಇಲ್ಲವೆ ಸಂಪಾತಗೊಂಡು ತಮ್ಮ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಒಂದಂಶವನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುವುವು. ಹೈಡ್ರೊಜನ್ ಬೀಜಗಳು ಹೆಚ್ಚಿದ್ದಲ್ಲಿ ನೀರು ಹೆಚ್ಚಿದೆ. ಇಂಥಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರಬಹುದಾದ್ದ ಕೊರತೆಯೂ ಅಧಿಕವೇ ಇದೆ. ಹೀಗೆ ಬೊರೋನ್ ಟ್ರೈಫ್ಲೊರೈಡನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ವೇಗವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಲೆಕ್ಕಿಸಿ ಎಂಥ ಮಣ್ಣಿನಲ್ಲಿ, ಎಂಥ ಮಣ್ಣಿನ ಸಂಸ್ತರದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ತೇವವಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲಾಗಿದೆ.

ರಬ್ಬರ್ ಜೆಣೆಗಳ, ಟಯರುಗಳ ಸವೆತವನ್ನೂ, ಹಾಗೆಯೇ ಚೇಣ

ಗಳ ಸವೆತವನ್ನೂ ಅಳೆಯಲು ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಅವವುಗಳ ವಿಕಿರಣಗಳ ತೀಕ್ಷ್ಣತೆ ಮತ್ತು ತೀವ್ರತೆಗಳ ಪರೀಕ್ಷೆಯಿಂದ ಅಳೆಯುತ್ತಾರೆ.

ರಬ್ಬರಿನೊಡನೆ ಗಂಧಕವನ್ನೂ ತಕ್ಕ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಬೆರೆಸಿ ಇದನ್ನು ಬಾಳಿಕೆ ಬರುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತಾರೆ. ಇದನ್ನೇ ವಲ್ಕನೈಸೇಶನ್ (vulcanisation) ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಗಂಧಕದ ಕಾರ್ಯವೆಂತಹುದು ಎಂಬುದರ ನಿರ್ಣಯಕ್ಕೆ ರೇಡಿಯೋ ಗಂಧಕವೇ ಸಹಕಾರಿಯಾಗಿದೆ.

ಹಾಗೆಯೇ ಗೋಡೆಗಳ ಸವೆತ, ಕಾಂಕ್ರೀಟಿನ ಸವೆತ, ಸಾಬೂನಿನ ಪರೀಕ್ಷೆ ಮೊದಲಾದುವುಗಳಲ್ಲೂ ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟವೆ.

ವಸ್ತುಗಳ ಅಂತರ್ರಚನೆ ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯತೆಗಳ ನಿರ್ಣಯದಲ್ಲೂ ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿವೆ. ವಿವಿಧ ಹರಳುಗಳಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಾಪೇಕ್ಷ ದೂರ ಮತ್ತು ಸ್ಥಿತಿಯ ನಿರ್ಣಯದಲ್ಲಿ ಅಂಕಿತ ಧಾತುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಸಂಯುಕ್ತಗಳನ್ನೂ ಪರೀಕ್ಷಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಸಾವಯವ ಸಂಯುಕ್ತಗಳಲ್ಲಿನ ಇಂಥ ನಿರ್ಣಯಗಳಲ್ಲಿ ಇಂಗಾಲ 14ರ ಉಪಯೋಗವಾಗುತ್ತಲಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಹಿಂದೆಯೇ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿರುವೆವಷ್ಟೆ. ವಸ್ತುಗಳ ದ್ರವ್ಯತೆಯ ನಿರ್ಣಯಗಳಲ್ಲೂ ಇಂಥ ಪ್ರಯೋಗಗಳೇ ಉಪಕಾರಿಗಳಾಗಿವೆ.

ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ವೇಗ

ಇವನ್ನು ನಿರ್ಣಯಿಸುವುದರಲ್ಲೂ ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು ಸಹಕಾರಿಗಳಾಗಿವೆ. ಒಂದು ವಸ್ತು ಇತರ ವಸ್ತುಗಳೊಳಗೆ ಪ್ರವೇಶ ಪಡೆಯಬಲ್ಲುದೆ? ಪ್ರವೇಶಿಸಬಲ್ಲುದಾದರೆ, ಇಂಥ ಪ್ರಸರಣದ ವೇಗವೆಷ್ಟು? ಇದನ್ನೆಲ್ಲಾ ತಕ್ಕ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳ ನೆರವಿನಿಂದ ನಿರ್ಣಯಿಸಲು ಬರುತ್ತದೆ.

ಸ್ಥಿರ ಐಸೋಟೋಪುಗಳಿಂದ ನೆರವು

ಡ್ಯೂಟೇರಿಯಂ 2 ಮತ್ತು ಪಾದರಸ 198 ಇವು ಸ್ಥಿರವಾದ ಐಸೋಟೋಪುಗಳು, ವಿಕಿರಣಕಾರಕಗಳಲ್ಲ. ಇವುಗಳಿಂದಲೂ ಕೆಲವು ಹೊಸ ವಿಚಾರಗಳು ತಿಳಿದುಬಂದಿವೆ. ಡ್ಯೂಟೇರಿಯಂನ್ನು ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಬದಲಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಕೊಬ್ಬುಗಳ ರಚನೆ, ಕೊಬ್ಬುಗಳು ಮನುಷ್ಯ ಮತ್ತು ಮನುಷ್ಯೇತರ ಪ್ರಾಣಿಗಳಲ್ಲಿ ಶೇಖರವಾಗುವ ಸ್ಥಾನ ಇಂಥದೆಲ್ಲ ವನ್ನೂ ನಿರ್ಣಯಿಸಲಾಗಿದೆ. ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯ ವಿಧಾನದಿಂದ ಡ್ಯೂಟೇರಿಯಂ ಪ್ರತ್ಯೇಕಗೊಳ್ಳುತ್ತಲೂ ಇದರ ಮಹತ್ವ, ಪರಿಮಾಣ ಮೊದಲಾದು ವನ್ನು ನಿರ್ಣಯಿಸಬಲ್ಲೆವು. ಹೈಡ್ರೋಜನ್‌ನ ತೂಕದ 2 ರಷ್ಟು ಡ್ಯೂಟೇರಿ ಯಂನ ತೂಕವೆಂಬುದರಿಂದಲೇ ಇಂಥ ನಿರ್ಣಯುಗಳು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿವೆ. —(ಹೀಗೆ ತೂಕಗಳು 1:2 ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿರುವ ಇತರ ಐಸೋಟೋಪುಗಳು ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಇಲ್ಲ ಎಂಬುದನ್ನೂ ಇಲ್ಲಿ ಅವಶ್ಯ ಲಕ್ಷಿಸತಕ್ಕದು.)

ಪಾದರಸ 198 ಸಮಸ್ಥಾನೀಯವನ್ನು ಬಂಗಾರದಿಂದ ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ.

$$ {}_{0}\text{ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್} + {}_{79}\text{ಬಂಗಾರ}^{197} \rightarrow {}_{79}\text{ಬಂಗಾರ}_{198} \rightarrow {}_{80}\text{ಪಾದರಸ}^{198} + {}_{-1}\text{ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್}^{0} $$

${}_{80}$ಪಾದರಸ^{198} ತಾನು ನೂತನವಾಗಿ ಸೃಷ್ಟಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ರಸವಾಗಿದೆ. ಇದರ ರೋಹಿತವು ಅತ್ಯಂತ ಶುದ್ಧವಾಗಿದ್ದು, ಇದರ ರೇಖೆಯಲ್ಲಿ ಎಳೆಗಳೇನೂ ಇಲ್ಲ. ಎಂತಲೇ ರೋಹಿತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಇದು ವಿಶಿಷ್ಟ ಸ್ಥಾನ ವನ್ನು ಪಡೆದಿದೆ.

ಹೀಗೆ ಇಷ್ಟರಲ್ಲೇ ಪರಮಾಣುವಿನ ಯುಗವು ಕಾಲಿರಿಸಿದ ಮೊದಲ ಕಾಲು ಶತಮಾನದೊಳಗಾಗಿಯೇ ಅಸಂಖ್ಯ ಐಸೋಟೋಪುಗಳು ಸೃಷ್ಟಿ ಯಾಗಿದ್ದು, ಸೃಷ್ಟಿಯಾಗುತ್ತಲಿದ್ದು ವಿವಿಧೋದ್ದೇಶಗಳನ್ನು ಪೂರೈಸಿವೆ. ಮಾನವನಿಗೆ ಶೀರ ಸಹಕಾರಿಗಳಾಗಿವೆ: ಮಾನವೇತಿಹಾಸದಲ್ಲಿ ಇವುಗಳ ಆವಿಷ್ಕಾರವೊಂದು ಮುಖ್ಯ ಘಟ್ಟವಾಗಿದ್ದು ಇವುಗಳ ಸಾಧ್ಯಾಸಾಧ್ಯತೆಗಳ ಭವಿಷ್ಯವು ಉಜ್ವಲವೂ ಆಗಿದೆ.

ಅಧ್ಯಾಯ ೧೨

ಕೊನೆಯ ಮಾತು

ಇಪ್ಪತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ 69 ವರ್ಷಗಳ ಸಂದಾಯವಾಗುತ್ತಲಿದೆ. ಇಷ್ಟೇ ವರ್ಷದ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಪ್ರಗತಿಯನ್ನು ಬರೆದುಕೊಂಡರೆ ಇದು ಸಹಸ್ರಾರು ಪುಟಗಳ ಬೃಹದ್ಗ್ರಂಥವಾಗುವುದು. ಇದಕ್ಕಿಂತಲೂ ಈ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಇಷ್ಟರಲ್ಲಿ ಸಂಗ್ರಹವಾದ ವಿಚಾರಗಳ ನಾವೀನ್ಯತೆ ಮತ್ತು ಇವುಗಳ ಸಾಧ್ಯಾಸಾಧ್ಯತೆಗಳೆಲ್ಲ ನಮ್ಮನ್ನು ಚಕಿತಗೊಳಿಸಿವೆ.

ವಸ್ತು ತಾನು ನಾಶರಹಿತವಾದುದು, ಎಷ್ಟಕ್ಕೂ ಇದನ್ನು ನಾಶಗೊಳಿಸಲಾರೆವು ; ಜಡ ಪದಾರ್ಥವು ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿನ ಸತ್ವದ ಮೂಲರೂಪಗಳಲ್ಲೊಂದು, ಶಕ್ತಿಯು ಇನ್ನೊಂದು; ವಸ್ತುವು ನಿತ್ಯ, ಶಕ್ತಿಯೂ ನಿತ್ಯ ಎಂದು ದೃಢವಾಗಿ ನಂಬಿದ್ದ ಕಳೆದ ಶತಮಾನದ ಅಂತ್ಯದ ತನಕವೂ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ನಂಬಿದ್ದರು. ಇಂಥ ಎಲ್ಲ ಭಾವನೆಗಳೂ ಇಂದು ತಲೆಕೆಳಗಾಗಿವೆ, ಜಡವಸ್ತು ಪೂರ್ತಿ ನಾಶಗೊಂಡು ಶಕ್ತಿಯಾಗಿಯೂ, ಶಕ್ತಿ ಸಾಂದ್ರವಾದಲ್ಲೆಲ್ಲ ಪದಾರ್ಥವು ಲಭಿಸುವುದೆಂದೂ ಇಂದು ಸ್ವೀಕೃತವಾದ ಭಾವನೆ. ಈ ಭಾವನೆಯಿಂದಲೇ ನಮ್ಮ ಪರಮಾಣವಿಕ ಯುಗಕೆ ಕಾಲಿರಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಪರಮಾಣುವಿಕ ಯುಗದ ಮೊದಲ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ವಸ್ತುವಿನ ರಚನೆಯ ಕಣ, ಅಣು, ಪರಮಾಣುಗಳ ಅಭ್ಯಾಸಕ್ಕೆಂದೇ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲ್ಪಟ್ಟರೂ ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಪರಮಾಣವಿಕ ಶಕ್ತಿಯ ಸಿದ್ಧಿಗಾಗಿಯೇ ನಡೆಸಲ್ಪಟ್ಟು ವಿಜ್ಞಾನ ನಾಶದ ಹಾದಿಯನ್ನು ಹಿಡಿದು ಪ್ರಪಂಚವನ್ನೇ ದಿಗಿಲುಗೊಳಿಸಿತು. ಆದರೆ ಇಂದು ಎಲ್ಲ ರಾಷ್ಟ್ರಗಳಲ್ಲೂ ಜ್ಞಾನೋದಯವಾಗಿದ್ದು ಇಂಥ ಅಪರಿಮಿತ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಮನುಷ್ಯ ತನ್ನ ಹಿತಕ್ಕಾಗಿಯೇ ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕೆಂಬ ಹವಣಿಕೆಯು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿದ್ದು ಸುಧಾರಿತ ರಾಷ್ಟ್ರಗಳು ಮಿಲಿಯಗಟ್ಟಳೆ ಹಣವನ್ನು ಪರ

ಮಾಣವಿಕ ಶಕ್ತಿಯ ಶಾಂತಿ ಸಾಧನೆಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸ ತೊಡಗಿದ್ದಾರೆ. ಇದಿಷ್ಟು ತಂತ್ರೋದ್ಯಮಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸಿದರೆ ಟ್ರೈಟಿಯಮ್‌ನಂಥ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳು ಇಷ್ಟರಲ್ಲೇ ಜೀವಸೃಷ್ಟಿಯ ರಹಸ್ಯಗಳನ್ನೂ ಭೇದಿಸಹತ್ತಿವೆ. ವರ್ಣತಂತುಗಳ(Chromosomes)ಕಾರ್ಯದ ಮೇಲೆ ಇವು ಬೆಳಕನ್ನು ಚೆಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ ; ಇವು ಹೇಗೆ ಹಲವು ವಿಶಿಷ್ಟ ಗುಣಗಳನು ಜೋಪಾನಗೊಳಿಸುತ್ತ ಇಂಥವನ್ನು ಮುಂದೆ ಆರ್ಜಿತ ಗುಣಗಳನ್ನಾಗಿ ತಲತಲಾಂತರಗಳಿಗೆ ಸಾಗಿಸುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನೂ ತಿಳಿಸಿವೆ. ಅಂತೂ ಜೀವನದ ಎಲ್ಲ ರಂಗಗಳಲ್ಲೂ ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯಗಳ ಕೈವಾಡವು ಎದ್ದು ಕಾಣಹತ್ತಿದೆ.

ಪರಮಾಣವಿಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಾಶವೀರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಮಾನವಧ್ವಂಸಕ್ಕಾಗಿ, ಆತನ ಸಂಸ್ಕೃತಿಯ ನಾಶಕ್ಕಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸದೆ, ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನವಾದ ಹುಚ್ಚು ಹೊಳೆಯ ಕೆಚ್ಚು ಸಿಕ್ಕಾಪಟ್ಟೆ ಹರಿಯದಂತೆ ಮಾಡುವ ಪ್ರಬಲ ಹಂಬಲವನ್ನು ಎಲ್ಲಾ ರಾಷ್ಟ್ರಗಳಲ್ಲೂ ಕಾಣಹತ್ತಿದ್ದೇವೆ. ಇನ್ನು ಮುಂದಿನ ದಶಕಗಳಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣು ಶಕ್ತಿಯು ನಿಯಂತ್ರಿತವಾಗಿ ನಿಯಮಿತವಾಗಿ, ಹದವಾಗಿ ಜನಜೀವನಕ್ಕೆ ಸುಖವನ್ನೊದಗಿಸೀತು ಎಂಬ ಆಶಾಕಿರಣದ ಹೊಂಬೆಳಕು ದೂರದ ದಿಗಂತದಲ್ಲಿ ಕಾಣಹತ್ತಿದೆ. ಇದೇ ಬೆಳಗುವ ಸೂರ್ಯನಾಗಲಿ ಎಂದು ಪ್ರಾರ್ಥಿಸೋಣವೆ ?

ಪರಿಶಿಷ್ಟ ೧

ಧಾತು	ಪರಮಾಣು ತೂಕ	ಪರಮಾಣ್ವಂಕ
ಹೈಡ್ರೋಜನ್, ಜಲಜನಕ	1·0080	1
ಹೀಲಿಯಂ	4·0003	2
ಲಿಥಿಯಂ	6·940	3
ಬೆರೀಲಿಯಂ	9·020	4
ಬೋರೋನ್	10·820	5
ಕಾರ್ಬನ್, ಇಂಗಾಲ	12·010	6
ನೈಟ್ರೋಜನ್, ಸಾರಜನಕ	14·008	7
ಆಕ್ಸಿಜನ್, ಆಮ್ಲಜನಕ	16·0000	8
ಕ್ಲೋರಿನ್	19·000	9
ನಿಯೋನ್	20·183	10
ಸೋಡಿಯಂ	22·991	11
ಮೆಗ್ನೇಶಿಯಂ	24·32	12
ಅಲ್ಯುಮಿನಿಯಂ	26·98	13
ಸಿಲಿಕಾನ್	28·09	14
ರಂಜಕ	30·975	15
ಗಂಧಕ	32·066	16
ಕ್ಲೋರಿನ್	35·457	17
ಆರ್ಗೋನ್	39·944	18
ಪೊಟಾಸಿಯಂ	39·096	19
ಕ್ಯಾಲ್ಸಿಯಂ	40·08	20
ಸ್ಕೇಂಡಿಯಂ	44·96	21
ಟೈಟೇನಿಯಂ	47·90	22

ವೆನೇಡಿಯಂ	50·94	23
ಕ್ರೋಮಿಯಂ	52·01	24
ಮೆಂಗನೀಸ್	54 93	25
ಕಬ್ಬಿಣ	55·85	26
ಕೋಬಾಲ್ಟ	58 94	27
ನಿಕ್ಕಲ್	58·71	28
ತಾಮ್ರ	63·54	29
ಸತು	65·38	30
ಗೇಲಿಯಂ	69·72	31
ಜರ್ಮೇನಿಯಂ	72·60	32
ಆರ್ಸೆನಿಕ್	74·91	33
ಸೆಲೀನಿಯಂ	78·96	34
ಬ್ರೊಮಿನ್	79·916	35
ಕ್ರಿಪ್ಟೋನ್	83·80	36
ರುಬೀಡಿಯಂ	85·48	37
ಸ್ಟ್ರಾನ್ಸಿಯಂ	87·63	38
ಯಟ್ರಿಯಂ	88 92	39
ಝಿರ್ಕೋನಿಯಂ	91·22	40
ಕೊಲಂಬಿಯಂ	92·91	41
ಮಾಲಿಬ್ಡಿನಂ	95·95	42
ಟೆಕ್ನೇಶಿಯಂ	(99) ?	43
ರುಥೇನಿಯಂ	101·7	44
ರ್ಹೋಡಿಯಂ	102·91	45
ಪೆಲ್ಲೇಡಿಯಂ	106·4	46
ಬೆಳ್ಳಿ	107·880	47
ಕ್ಯಾಡ್ಮಿಯಂ	112·41	48
ಇಂಡಿಯಂ	114·82	49

ತವರ	118·70	50
ಆಂಟಿಮನಿ	121·76	51
ಟೆಲ್ಲೂರಿಯಂ	127·61	52
ಐಯೋಡಿನ್	126·91	53
ಕ್ಸೆನಾನ್	131·3	54
ಸೀಶಿಯಂ	132·91	55
ಬೇರಿಯಂ	137·36	56
ಲೆಂಥೇನಂ	138·92	57
ಸೇರಿಯಂ	140·13	58
ಪ್ರೆಸೋಡಿಯಂ	140·92	59
ನಿಯೋಟಮಿಯಂ	144·27	60
ಪ್ರೊಮೀಥಿಯಂ	[147] ?	61
ಸೆಮೇರಿಯಂ	150·43	62
ಯುರೋಪಿಯಂ	152·0	63
ಗಡೋಲಿನಿಯಂ	157·26	64
ಟರ್ಬಿಯಂ	158·93	65
ಡಿಸ್ಪ್ರೋಸಿಯಂ	162·51	66
ಹೊಲ್ಮಿಯಂ	164·94	67
ಯೆರ್ಬಿಯಂ	167·20	68
ಥೂಲಿಯಂ	168·94	69
ಯೆಟರ್ಬಿಯಂ	173·04	70
ಲ್ಯೂಟೆಸಿಯಂ	174·99	71
ಹೇಫ್ನಿಯಂ	178·5	72
ಟೆಂಟಾಲಮ್	180·95	73
ಟಂಗ್‌ಸ್ಟನ್	183·86	74
ರ್ಹೇನಿಯಂ	186·22	75
ಓಸ್ಮಿಯಂ	190·20	76

ಇರೀಡಿಯಂ	192·2	77
ಪ್ಲೇಟಿನಂ	195·09	78
ಬಂಗಾರ	197·0	79
ಪಾದರಸ	200·61	80
ಥೇಲ್ಲಿಯಂ	204·39	81
ಸೀಸ	207·21	82
ಬಿಸ್ಮತ್	209·00	83
ಪೊಲೊನಿಯಂ	[210]	84
ಎಸ್ಟೇಡಿನ್	[210]	85
ರೇಡೋನ್	[2122]	86
ಫ್ರೇನ್ಸಿಯಂ	[223]	87
ರೇಡಿಯಂ	226·05	88
ಆಕ್ಟೀನಿಯಂ	227	89
ಥೋರಿಯಂ	232.05	90
ಪ್ರೊಟ್ಯೇನಿಯಂ	231·0	91
ಯುರೇನಿಯಂ	238·07	92
ನೆಪ್ಚೂನಿಯಂ	[237]	93
ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ	[239]	94
ಅಮೇರಿಸಿಯಂ	(245)	95
ಕ್ಯೂರಿಯಂ		96
ಬರ್ಕ್ಲಿಯಂ		97
ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯಂ		98
ಐನ್‌ಸ್ಟೈನಿಯಂ		99
ಫರ್ಮಿಯಂ		100
ಮೆಂಡೆಲ್ಫಿಯಂ		101
ನೊಬೇಲಿಯಂ		102
ಲಾರೆನ್ಸಿಯಂ		103

ಕೃತಕ ಸೃಷ್ಟಿಯ ಧಾತುಗಳು (93–103)

ಆವರ್ತನವರ್ಗೀ

ಆವರ್ತ ↓ / ಗುಂಪು →	I	II	III
1	$_{1}$ಜ$^{1\cdot008}$		
2	$_{3}$ಲಿ$^{6\cdot94}$	$_{4}$ಬೇ$^{9\cdot013}$	$_{5}$ಬೊ$^{10\cdot820}$
3	$_{11}$ಸೊ$^{22\cdot991}$	$_{12}$ಮಗ್ನೆ$^{24\cdot32}$	$_{13}$ಅಲ್ಯು$^{26\cdot98}$
4	$_{19}$ಪೊ$^{39\cdot10}$	$_{20}$ಕ್ಯಾ$^{40\cdot08}$	$_{21}$ಸ್ಕೇ$^{44\cdot96}$
	$_{29}$ತಾ$^{63\cdot54}$	$_{30}$ಸತು$^{65\cdot38}$	$_{31}$ಗೇ$^{69\cdot72}$
5	$_{37}$ರುಬೀ$^{85\cdot48}$	$_{38}$ಸ್ಟ್ರಾಂ$^{87\cdot63}$	$_{39}$ಯು$^{88\cdot92}$
	$_{47}$ಬೆಳ್ಳಿ$^{107\cdot880}$	$_{48}$ಕ್ಯಾಡ್ಮಿ$^{112\cdot41}$	$_{49}$ಇಂ$^{114\cdot82}$
6	$_{55}$ಸೀ$^{132\cdot91}$	$_{56}$ಬೇರಿ$^{137\cdot36}$	ಅಂಕ 57–71
	$_{79}$ಬಂಗಾರ$^{197\cdot0}$	$_{80}$ಪಾದರಸ$^{200\cdot61}$	$_{81}$ಥೇಲ್ಲಿ$^{204\cdot39}$
7	$_{87}$ಫ್ರಾನ್ಸಿ^{223}	$_{88}$ರೇ$^{226\cdot05}$	ಅಂಕ 89–102

ಅಂಕ

$_{89}Ac^{227}$	$_{90}Th^{232\cdot05}$	$_{91}Po^{231}$
$_{97}B^{(248)}$	$_{98}C^{(249)}$	$_{99}E$

ತೂ

$_{57}$ಲೆಂಥೆ$^{138\cdot92}$	$_{58}$ಸೇರಿ$^{140\cdot13}$
$_{62}$ಸೆಮೋ$^{150\cdot43}$	$_{63}$ಯುರೊ$^{152\cdot0}$
$_{67}$ಹೊಲ್ಮಿ$^{164\cdot94}$	$_{68}$ಯೆರ್ಬಿ$^{167\cdot2}$

೨

(Periodic Table)

	V	VI	VII	VIII
				$_{2}$ಹೀ 4·003
	$_{7}$ಸಾರ 14 008	$_{8}$ಆಮ್ಲ 16	$_{9}$ಫ್ಲೋರಿ 19·00	$_{10}$ನಿಯೋ 20·183
	$_{15}$ರಂಜಕ 30·975	$_{16}$ಗಂಧಕ 32·066	$_{17}$ಕ್ಲೊ 35·457	$_{18}$ಆರ್ಗಾನ್ 39·944
	$_{23}$ವೆನೇ 50·49	$_{24}$ಕ್ರೋ 52·01	$_{25}$ಮ್ಯಾಂಗ 54·93	$_{26}$ಕ 55·85
0	$_{33}$ಆರ್ಸೆ 74·91	$_{34}$ಸೆಲೀ 78·96	$_{35}$ಬ್ರೊ 79·916	$_{27}$ಕೊ 58·94 $_{28}$ನಿ 58·71 $_{36}$ಕ್ರಿಪ್ಟಾ 83·80
	$_{41}$ಕೊಲಂ 92·91	$_{42}$ಮಾಲಿ 95·95	$_{43}$ಟೆಕ್ನೀ 99	$_{44}$ರು 101·7
	$_{51}$ಆಂಟಿ 121·76	$_{52}$ಟೆಲ್ಲೂ 127·61	$_{53}$ಐ 126·91	$_{45}$ರ್ಹೋ 102·9 $_{46}$ಪೆಲ್ಲೇ 106·4 $_{54}$ಕ್ಸೆ 131·30
50	$_{73}$ಟೆಂಟಾ 180·95	$_{74}$ಟಂಗ್ 183·86	$_{75}$ರ್ಹೀನಿ 186·22	$_{76}$ಓಸ್ಮಿ 190·20
	$_{83}$ಬಿಸ್ಮತ್ 209·00	$_{84}$ಪೊಲೋ 210	$_{85}$ಎಸ್ಟೀ [210]	$_{77}$ಇರಿ 192·2 $_{78}$ಪ್ಲೇ 195·09 $_{86}$ರೇಡೋನ್ 222

ಪರಮಾಣುಗಳು

$_{93}Np^{(237)}$	$_{94}Pu^{(239)}$	$_{95}Am^{(243)}$	$_{96}Cu^{(245)}$
$_{101}Mu$	$_{102}Nob$		

ಪರಮಾಣುಗಳು

140·92	$_{60}$ನಿಯೋಟ 144·27	$_{61}$ಪ್ರೊಮಿಥಿ [147]
57·26	$_{65}$ಟರ್ಬಿ 158·93	$_{66}$ಡಿಸ್ಪ್ರೊ 162·51
8·94	$_{70}$ಯಿಟ 173·04	$_{71}$ಲ್ಯೂಟಿ 174·99